

**Praktikable Methoden zur Dickenmessung histologischer  
Kunststoffschnittpräparate in quantitativ-stereologischen  
Analysen mit der physikalischen Disektormethode**

von Johannes Cyrill Matenaers



Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

**Praktikable Methoden zur Dickenmessung histologischer  
Kunststoffschnittpräparate in quantitativ-stereologischen  
Analysen mit der physikalischen Disektormethode**

von Johannes Cyrill Matenaers  
aus Göttingen

München 2020





Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Institut für Tierpathologie

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:  
Univ.-Prof. Dr. Rüdiger Wanke

Mitbetreuung durch:  
Priv.-Doz. Dr. Andreas Parzefall



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

<b>Dekan:</b>	Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.
<b>Berichterstatter:</b>	Univ.-Prof. Dr. Rüdiger Wanke
<b>Korreferent/en:</b>	Univ.-Prof. Dr. Joris Peters Priv.-Doz. Dr. Ivica Medugorac Priv.-Doz. Dr. Daniela Rodler

**Tag der Promotion:** 25.07.2020



*Meiner Tochter Karlotta*



# Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>II.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>9</b>
<b>III.</b>	<b>Literaturübersicht .....</b>	<b>12</b>
III.1	Quantitativ-morphologische Analysen biologischer Gewebeproben in der medizinischen Forschung .....	12
III.2	Quantitativ-stereologische Schätzung von Zahlen partikulärer Strukturen in biologischen Gewebeproben .....	17
III.3	Eignung verschiedener histologischer Einbettungsmedien für Disektoranalysen und Einfluss von Schrumpfarfakten auf die Dickenmessung histologischer Schnittpräparate .....	25
III.4	Konventionelle Verfahren zur Dickenmessung lichtmikroskopischer histologischer Schnittpräparate .....	29
III.4.1.	Bestimmung der durchschnittlichen Dicke eines Schnittes einer Schnittserie .....	29
III.4.2.	Methoden zur Bestimmung individueller Schnittdicken .....	32
III.5	Reflektometrische Dünnschichtmessung .....	43
<b>IV.</b>	<b>Publikation .....</b>	<b>53</b>
<b>V.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>75</b>
V.1	Diskussion des Gegenstands und der Ziele der Arbeit .....	75
V.2	Diskussion des gewählten experimentellen Ansatzes und der angewandten Methoden.....	77
V.3	Diskussion der Ergebnisse .....	87
V.4	Diskussion der Praktikabilität der untersuchten Schnittdickenmessverfahren, Schlussfolgerungen und Ausblick .....	90
<b>VI.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>92</b>
<b>VII.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>94</b>

<b>VIII.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>96</b>
<b>IX.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>105</b>
IX.1	Typische Schiefeinbettungs- und Überprojektionseffekte beim OWE- Verfahren.....	105
IX.2	Ergänzende Daten zur publizierten Originalarbeit (Supplemental file S1)	106
<b>X.</b>	<b>Eigene Publikationen und wissenschaftliche Beiträge .....</b>	<b>134</b>
<b>XI.</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>136</b>



# I. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
Abb.	Abbildung
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
Epon	Bisphenol A-Diglycidylether-Harz
<i>etc.</i>	<i>et cetera</i>
i. Ber.	im Bereich
HE	Hämatoxylin-Eosin
GMA/MMA	Glycolmethacrylat/Methylmethacrylat
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München
µm	Mikrometer
mm	Millimeter
nm	Nanometer
OWE	Orthogonale Wiedereinbettung
ORE	orthogonal re-embedding
PC	Personal Computer
Q <sup>-</sup>	beim Disektorverfahren gezähltes Partikel
S.	Seite
sh.	siehe
SR	Spektrale Reflektometrie/spectral reflectance
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie
z.B.	zum Beispiel



## II. Einleitung

Quantitativ-morphologische Analysen spielen in der biomedizinischen Forschung eine oftmals entscheidende Rolle bei der Beantwortung unterschiedlichster wissenschaftlicher Fragestellungen. Die Quantifizierung morphologischer Befunde in biologischen Proben gestattet es, diese Befunde objektiv und reproduzierbar zu erfassen und statistisch auszuwerten. Quantitativ-morphologische Untersuchungsansätze können somit dazu beitragen, strukturelle Pendanten zu funktionellen Datensätzen zu identifizieren und ermöglichen es, auch subtile morphologische Alterationen zu detektieren, die im Rahmen subjektiver Befundungen nicht erkannt werden [1]. Üblicherweise erfolgt die mikroskopische Beurteilung von Gewebe- oder Organproben an histologischen Schnittpräparaten. In histologischen Schnitten können Messungen an Schnittprofilen biologischer Gewebestrukturen einfach durchgeführt werden, beispielsweise durch moderne digitale Bildanalysesysteme [2]. Bei der Interpretation solcher planimetrischer morphometrischer Analysedaten in einem biologischen Sinn ergeben sich jedoch grundlegende Schwierigkeiten, da die Verwendung von (zweidimensionalen) Schnitten einen wesentlichen Informationsverlust über dreidimensionale morphologische Eigenschaften des untersuchten Probenmaterials bedingt. Eine quantitative Erfassung dreidimensionaler Struktur- und Partikelparameter in Schnitten biologischer Proben erfordert die Anwendung quantitativ-stereologischer Analyseverfahren. Neben herkömmlichen, auf geometrischen Modellannahmen basierenden (*model-based*) Verfahren, existieren zahlreiche modellfreie (*design-based*) quantitativ-stereologische Methoden und effiziente Stichprobenverfahren, die eine erwartungstreue und präzise Bestimmung von Volumina, Längen, Oberflächen und Partikelzahlen distinkter Gewebestrukturen gestatten [1, 3]. In quantitativ stereologischen Untersuchungen wird zur Ermittlung der Anzahl partikulärer Strukturelemente in einem Gewebe häufig das „physikalische Disektorverfahren“ angewendet. Mit dieser erstmals 1984 von einem anonymen Stereologen unter dem Schriftstellerdecknamen „D.C. Sterio“ vorgestellten Methode können numerische Volumendichten von partikulären Gewebeelementen (z.B. Zellen) in einem definierten Volumen des Gewebes, das diese Strukturen enthält (Referenzvolumen), erwartungstreu und modellfrei ermittelt werden [4]. Hierzu werden jeweils zwei parallele histologische Schnittpräparate der zu analysierenden Gewebeprobe untersucht, die einen bekannten Abstand voneinander besitzen. Der Abstand der

beiden Schnittebenen voneinander (Disektorhöhe) und der Flächeninhalt der in beiden Schnitten korrespondierenden Gewebebereiche die ausgewertet werden (Testfelder) definieren ein Gewebevolumen (Disektorvolumen), innerhalb dessen die zu analysierenden Strukturen/Partikel gezählt werden [3-7]. Um numerische Volumendichten von Zellzahlen in biologischen Gewebeproben mit dem physikalischen Disektorverfahren zu bestimmen, werden normalerweise dünne Schnittpräparate (0,25-3  $\mu\text{m}$ ) und Disektorhöhen von wenigen Mikrometern verwendet [3, 8-10]. Üblicherweise werden dafür von in Kunststoffmedien eingebetteten Gewebeproben Serien konsekutiver Schnitte mit festgelegter nomineller Schnittdicke angefertigt. Aus diesen Schnittserien werden dann paarweise Disektorschnitte mit passendem Abstand ausgewählt und analysiert. Der Abstand der Schnitte eines Disektorschnittpaares (Disektorhöhe) ergibt sich somit aus den Dicken der beiden ausgewählten Disektorschnitte und der Anzahl und Dicke der zwischen diesen Schnitten liegenden Serienschnitte [3]. Die genaue Kenntnis der tatsächlichen Dicke der untersuchten Schnitte ist daher essentiell für die Berechnung des Disektorvolumens und damit für die Richtigkeit der mit dem physikalischen Disektorverfahren ermittelten quantitativ-stereologischen Ergebnisse. Trotz der offensichtlichen Relevanz der tatsächlichen Dicken der histologischen Schnitte bei physikalischen Disektoranalysen war und ist es in zahlreichen quantitativ-stereologischen Studien gängige Praxis, die (am Mikrotom einzustellenden) nominellen Schnittdicken der untersuchten Schnittpräparate zur Berechnung der Disektorvolumina zu verwenden [3]. Demgegenüber berichten vergleichsweise wenige veröffentlichte Studien von einer Überprüfung der Dicken der in physikalischen Disektoranalysen verwendeten Schnitte [8-13]. Bisher waren nur wenige Verfahren zur Schnittdickenbestimmung bei physikalischen Disektoranalysen biologischer Gewebeproben etabliert, die teilweise erhebliche Einschränkungen in Bezug auf ihre Genauigkeit, ihre potentielle Fehleranfälligkeit, sowie ihren Arbeits- und Zeitaufwand aufweisen [14]. Zu den in der Vergangenheit gebräuchlichen Schnittdicken-Messverfahren zählt das sogenannte „Orthogonale Wiedereinbettungsverfahren“ (OWE) [14-17]. Hierbei wird der Schnitt, dessen Dicke gemessen werden soll, erneut in ein geeignetes histologisches Einbettungsmedium eingebettet und dann vertikal zu seiner ursprünglichen Orientierung geschnitten. Im Vertikalschnittpräparat des wiedereingebetteten Schnittes kann seine ursprüngliche Dicke dann morphometrisch bestimmt (vermessen) werden. Das OWE-Verfahren ist jedoch sehr arbeits- und zeitaufwendig, insbesondere bei der Erstellung von

transmissionselektronenmikroskopischen OWE-Schnittpräparaten [14]. Zusätzlich hängt die Richtigkeit des Messergebnisses bei der OWE-Schnittickenmessung davon ab, ob der wiedereingebettete Schnitt tatsächlich orthogonal, oder (versehentlich) schräg eingebettet bzw. geschnitten wird: Ein schräger Schnitt durch eine Materialsicht weist als Effekt der orthogonalen Projektion der schräg geschnittenen Schicht auf die Betrachtungsebene stets einen größeren Abstand zwischen den Schnittlinien der Ober- und Unterseite der Schicht auf, als ein vertikaler Schnitt. Hinzu kommt der insbesondere bei dicken Schrägschnitten auftretende Effekt der Überprojektion [6, 7, 18, 19]. Die vorliegende Arbeit hatte daher zum einen das Ziel, ein modifiziertes OWE-Verfahren zur Schnittickenbestimmung zu entwickeln, das eine Korrektur des durch eine unbeabsichtigte schräge (nicht vertikale) Einbettung des OWE-Schnittes bedingten Fehlers bei der Schnittickenmessung erlaubt [18]. Zum Zweiten sollte die Eignung eines reflektometrischen Dünnschichtmessgerätes [20-22] als neue Alternativmethode zur Iickenbestimmung von histologischen Kunststoffschnitten im Rahmen physikalischer Disektoranalysen untersucht und etabliert werden.



### **III. Literaturübersicht**

#### **III.1 Quantitativ-morphologische Analysen biologischer Gewebeproben in der medizinischen Forschung**

Bei Forschungsprojekten, in denen biologische Gewebeproben untersucht werden, ist neben der qualitativen Beurteilung der Gewebemorphologie oft auch eine Quantifizierung von bestimmten morphologischen Parametern von Interesse. Quantifizierbare Parameter von Gewebestrukturen sind Volumina, Oberflächen, Längen und Anzahlen [1, 3, 6]. Beispiele hierfür wären das Gesamtvolumen eines bestimmten Zelltyps in einem Organ, die innere Oberfläche eines Hohlorgans, die Länge der Blutgefäße in definierten Gewebestrukturen, die Dicke bestimmter Membranstrukturen, die gesamte Zahl und/oder das mittlere Volumen von bestimmten Zellen oder anderen (abgrenzbaren) partikulären Strukturelementen in einem Gewebe/Organ. Eine Quantifizierung morphologischer Parameter der untersuchten Gewebestrukturen ermöglicht es, das Ausmaß von auftretenden Alterationen objektiv zu erfassen und damit zwischen verschiedenen Untersuchungsgruppen statistisch vergleichbar zu machen [1, 3, 6, 7, 19, 23, 24]. Im Kontext biologisch/medizinischer Forschungsansätze ist dies beispielsweise wichtig, um das Ausmaß definierter Gewebealterationen (z.B. Gewebeuntergang, Entzündungszellinfiltration, Bindegewebszubildung, Zellproliferation, etc.) bei bestimmten Erkrankungen oder Krankheitsstadien zu erfassen, die Schadwirkung von Testsubstanzen auf bestimmte Gewebe zu bewerten, oder die therapeutische Wirksamkeit bzw. mögliche unerwünschte Effekte eines getesteten Medikamentes zu evaluieren. Auch können u.U. unterschiedliche biologische Prozesse, die an der Entstehung von beobachteten Gewebeveränderungen beteiligt sein könnten, voneinander differenziert werden, wie z.B. hyperplastische und hypertrophe Wachstumsformen bestimmter Zelltypen [10].

Aufgrund der Funktionsweise des menschlichen visuellen Systems, das vornehmlich auf Mustererkennung ausgelegt ist, werden Veränderungen eines Gewebes, die sich nicht in Form histomorphologischer Läsionen präsentieren, sondern zu einer Veränderung der Gewebezusammensetzung führen, bei rein qualitativen histopathologischen Untersuchungen oft nicht erkannt [1, 24]. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn es sich um subtile, geringgradige Veränderungen handelt, die aber im Kontext der untersuchten Fragestellung durchaus relevant sein können. In solchen Fällen kann das Bestehen einer Gewebealteration u.U. erst durch die Quantifizierung

geeigneter morphologischer Strukturparameter erkannt werden. Ein gutes Beispiel hierfür stellt die Veränderung der Dicke der glomerulären Basalmembran in frühen Stadien Diabetes mellitus-assoziiierter Nierenalterationen dar. Bei Patienten mit diabetischer Nephropathie, als auch bei verschiedenen Mausmodellen des Diabetes mellitus, ist die absolute Dicke der glomerulären Basalmembran zwar nur im Bereich von einigen Nanometern erhöht (und würde bei einer rein qualitativen lichtmikroskopischen histopathologischen Untersuchung ggf. nicht erkannt), aber diese Verdickung ist dennoch signifikant und pathogenetisch respektive diagnostisch hochrelevant [11, 25].

Zur Bestimmung der Volumina, Oberflächen, Längen und Anzahlen bestimmter Strukturelemente (z.B. Zellen) in biologischen Geweben müssen in der Regel histologische Schnittpräparate verwendet werden, weil die meisten Gewebe nicht transparent sind und weil die zu untersuchenden Strukturen innerhalb dieser Gewebe gewöhnlicherweise so klein sind, dass sie nur mit mikroskopischen Techniken dargestellt und untersucht werden können [23, 26].

Wenn man 2-dimensionale Schnittbilder von 3-dimensionalen Gewebestrukturen betrachtet, so ist dies generell mit einem, durch die dimensionale Reduktion bedingten, Verlust an (räumlicher) Information verbunden [1, 3, 19, 23, 26]. So stellen sich die Volumina von 3D-Partikeln in 2D-Schnitten als (Anschnitts)-Flächen der Partikel dar. 3D-Oberflächen werden im 2D-Schnitt als Schnittlinien der Oberfläche mit der 2D-Schnittebene dargestellt. 3D-Längen (Strecken zwischen zwei Punkten) erscheinen in 2D-Schnitten als Punkte (Schnittpunkt der Verbindungslinie beider Punkte mit der 2D-Schnittebene). Die (dimensionslose) Anzahl von Partikeln in einem 3D-Raum hat in einer in zufälliger Orientierung durch den 3D-Raum gelegten Schnittebene überhaupt keine festgelegte Entsprechung. Das bedeutet grundsätzlich, dass aus den Zahlen, Flächen und Formen von 2D-Anschnittsprofilen von 3D-Partikeln keine direkten Rückschlüsse auf die Formen, Volumina, Oberflächen, Längen oder Zahlen der Partikel im 3D-Raum gezogen werden können [23, 27]. Zusätzlich sind die Zahlen, Flächen und Formen der 2D-Anschnittsprofile von 3D-Partikeln auch noch von der Größe, der Größenvariation, der Form, der Formvariation sowie von der Verteilung, Periodizität und der Orientierung (Anisotropie) der Partikel im Raum abhängig, da diese Eigenschaften die Wahrscheinlichkeit beeinflussen, ob, wie, wo und wie oft ein einzelner Partikel von einer zufällig durch den 3D-Raum gelegten 2D-Schnittebene getroffen wird [26]. So ist es beispielsweise nicht möglich, in einem in willkürlicher



Orientierung angefertigtem histologischen Schnitt eines Organs durch das Abzählen der Anschnittsprofile der Zellen im Schnitt die absolute Zahl der Zellen in dem betreffenden Organ (oder auch nur die relative Zahl der Zellen pro Volumeneinheit des Organes) zu ermitteln [2, 23, 27].

Um durch die Analyse von 2D-Schnitten 3D-Parameter von Gewebestrukturen akkurat bestimmen zu können, müssen spezielle Vorbedingungen erfüllt sein und spezielle Analyseverfahren angewendet werden, die als sogenannte **„quantitativ-stereologische“ Verfahren** bezeichnet werden [1, 2, 7, 19, 23, 24, 26, 28]. Mit diesen, auf grundlegenden Prinzipien der stochastischen Geometrie beruhenden, Verfahren lassen sich präzise, erwartungstreue (d.h. mit geringer (systematischer) Fehlerwahrscheinlichkeit behaftete) Schätzwerte der zu analysierenden quantitativen Strukturparameter ermitteln. Grundsätzlich wird dabei zwischen **modellbasierten** („model based“) und **modellfreien** („unbiased“) quantitativ-stereologischen Verfahren unterschieden [1, 19, 29]. Bei modellbasierten Ansätzen werden zur Schätzung quantitativ-morphologischer Parameter mathematisch-geometrische (Modell)-Annahmen über beispielsweise die Form, die Größe und die Form- und Größenvariation der untersuchten Gewebestrukturen gemacht [28, 30-32]. Modellbasierte quantitativ-stereologische Analyseverfahren können oftmals zügig und verhältnismäßig unkompliziert durchgeführt werden und liefern reproduzierbare Ergebnisse [32, 33]. Dennoch sind sie eben aufgrund der Modellannahme grundsätzlich mit einem inhärenten systematischen Fehler („bias“) behaftet (unabhängig davon, wie groß dieser Fehler in einer gegebenen Untersuchung sein mag) [29]. Modellfreie quantitativ-stereologische Analyseverfahren hingegen verwenden keine Modellannahmen (sind also *per definitionem* frei von einem hierdurch bedingten systematischen Fehler, d.h. „unbiased“) und gelten deswegen als „Goldstandard“ bei quantitativ-morphologischen Untersuchungen [3, 6, 34]. Bei diesen modellfreien Verfahren werden quantitativ-morphologische Parameter der analysierten Gewebestrukturen ausschließlich auf Grundlage berechenbarer stochastisch-mathematischer Eigenschaften, mit Hilfe verschiedener stereologischer Testsysteme („probes“) geschätzt [1, 3, 6, 24, 26, 27]. Bekannte Beispiele für modellfreie quantitativ-stereologische Verfahren sind die Anwendung der Prinzipien von Delesse [35] und Cavalieri zur Schätzung von Volumina aus 2D Schnittprofilen [3]. Unabhängig davon, ob nun modellfreie oder modellbasierte Methoden verwendet werden, müssen quantitativ-stereologische Analysen zur erwartungstreuen Schätzung

quantitativ-morphologischer Parameter stets so durchgeführt werden, dass einige wichtige Vorbedingungen erfüllt werden [1, 3, 6, 23, 24, 36]. Erstens müssen die untersuchten Proben repräsentativ für das Gewebe/Organ sein, aus dem sie entstammen [37]. Das bedeutet, dass die Gewebezusammensetzung der analysierten Proben insgesamt der des Ursprungsgewebes entspricht. Je nach Gewebe und untersuchter Zielstruktur muss dafür eine unterschiedlich große Anzahl an Proben und ein entsprechend unterschiedliches Probengesamtvolumen generiert und untersucht werden. Bei quantitativ-stereologischen Analyseverfahren wird die **Repräsentativität** der generierten Proben durch die Anwendung geeigneter Beprobungsverfahren („sampling designs“) gewährleistet [1, 3, 6, 24, 26, 28, 31, 36, 37]. Dazu werden oft systematisch-zufällige Probenahmeverfahren, sogenannte „systematic uniform random (SUR) sampling designs“ angewendet, die sich gegenüber rein zufälligen Stichprobennahmeverfahren durch eine höhere Effizienz auszeichnen [37]. Die SUR-Probennahmeverfahren gewährleisten, dass jede mögliche Probenlokalisierung innerhalb des Ursprungsgewebes auch mit der gleichen Wahrscheinlichkeit zufällig beprobt wird [1, 3, 6, 7, 23, 24, 26-28, 31, 38]. Zur Wahrung der Repräsentativität werden SUR Verfahren dabei auf allen Ebenen der Untersuchung angewendet, zur systematisch-zufälligen Auswahl der Lokalisationen der Gewebeproben innerhalb des Referenzgewebes, zur systematisch-zufälligen Auswahl der zu untersuchenden Blöcke der eingebetteten Proben, zur systematisch-zufälligen Auswahl der zu analysierenden Schnittebenen dieser Blöcke und zur systematisch-zufälligen Bestimmung der Lokalisationen der zu untersuchenden mikroskopischen Testfelder innerhalb der histologischen Schnittpräparate [3, 6].

Zweitens muss bei Untersuchung von Längen, Oberflächen- und Zahlenparametern die Position und die räumliche Orientierung der untersuchten Schnittebenen (relativ zum Gewebe) randomisiert werden, um möglicherweise vorliegende Unterschiede in den Größen, Formen, Größen- und Formverteilungen sowie unterschiedlichen Orientierungen und Verteilungsdichten der untersuchten Gewebestrukturen innerhalb ihres Referenzgewebes zu adressieren [3, 6]. Dies kann mit verschiedenen Verfahren erfolgen, bei denen entweder die Orientierung der Gewebeprobe relativ zur Schnittebene, oder die Orientierung der Schnittebene relativ zur Gewebeprobe in zwei oder allen drei Raumrichtungen randomisiert wird [3, 6, 38-43]. Gebräuchliche Verfahren, die zur **Randomisierung der Proben- bzw. Schnittebenenorientierung** in allen drei Raumrichtungen eingesetzt werden um (isotrope) Schnitte mit gleichförmig

ungerichteter Zufälligkeit zu generieren („isotropic uniform random sections“, IUR-Schnitte) beinhalten das sogenannte Isector- [43] und Orientator- Verfahren [41] und Variationen davon [38, 40, 42]. Zur Ermittlung von Oberflächen werden auch sogenannte vertikale Schnitte mit gleichförmig zufälliger Orientierung („vertical uniform random“, VUR-Schnitte) verwendet [38-40]. Vor dem Hintergrund der Thematik der vorliegenden Arbeit wird auf eine eingehendere Darstellung der bei quantitativ-stereologischen Analysen verwendeten Beprobungsverfahren (sampling-designs) und Verfahren zur Schnittebenen-Randomisierung verzichtet, die in verschiedenen Lehrbüchern [3, 6] und Übersichtsartikeln zu quantitativ-stereologischen Analysen [2, 26, 27, 36, 44, 45] ausführlich beschrieben sind.

Drittens können die Ergebnisse quantitativ-stereologischer Schätzwerte von Oberflächen, Längen und Partikelzahlen, die an histologischen Schnittpräparaten ermittelt werden durch die Volumenveränderung (**Schrumpfung**), die mit der Einbettung der Gewebeproben in histologische Einbettungsmedien (Paraffin, verschiedene Kunststoffmedien) einhergeht, verfälscht werden [3, 6, 46]. Daher muss in quantitativ-stereologischen Studien das Ausmaß einer einbettungsbedingten Gewebeschrumpfung erfasst und entsprechend korrigiert werden (siehe hierzu auch Abschnitt III.3).

Allgemein werden bei quantitativ-stereologischen Analysen Relativwerte der untersuchten Strukturparameter ermittelt, die den Volumenanteil bzw. die Länge, Oberfläche, oder die Zahl der untersuchten Gewebestrukturen (Zielstrukturen) pro Volumeneinheit des Organs/Gewebekompartiments angeben, das diese Struktur enthält (Referenzkompartiment) [3]. Diese Relativwerte, oder **Dichten** (Volumendichte, Oberflächendichte, Längendichte, numerische Volumendichte) werden mit dem Gesamtvolumen des entsprechenden Referenzkompartiments multipliziert, um die absoluten Volumina, Oberflächen, Längen und Partikelzahlen der Zielstruktur(en) in ihrem Referenzkompartiment zu errechnen [3].

Im Unterschied zu den **absoluten Werten** gestattet eine alleinige Betrachtung der Volumen-, Längen-, Oberflächen- und Partikelzahlendichten jedoch keine eindeutige Aussage über eine quantitative Veränderung des jeweiligen Parameters, da Änderungen der entsprechenden Dichtewerte auch durch eine Veränderung des Referenzkompartimentvolumens bedingt sein können („reference trap“) [1, 3, 36, 47]. Aus diesen Gründen ist die Bestimmung des Volumens des untersuchten Referenzkompartimentes (Organ/Gewebe) sowie die Anwendung adäquater

Beprobungs-, Gewebeprozessierungs- und stereologischer Analyseverfahren essentiell für das Gelingen quantitativ-stereologischer Untersuchungen [36].

Für die Analyse von Volumen-, Längen-, Oberflächen- und Partikeldichten definierter Gewebestrukturen werden unterschiedliche **stereologische Testsysteme** („probes“) verwendet [1, 3, 6, 34]. Volumendichten werden beispielsweise über die Verhältnisse der Flächeninhalte der Anschnittsflächen der Zielstruktur und des Referenzgewebekompartiments erfasst, die z.B. mit Punktzählverfahren (siehe auch Abschnitt III.2) ermittelt werden können. Zur Bestimmung von Oberflächendichten werden die Schnittpunkte der entsprechenden Oberflächengrenzlinien im Schnitt mit Bogen/Linienrastern gezählt, die über das Schnittbild projiziert werden. Längendichten können aus der Anzahl der Schnittpunkte der Struktur mit der Schnittebene und der Anschnittsfläche des Referenzgewebes im Schnitt bestimmt werden. Zur Bestimmung numerischer Volumendichten können dreidimensionale Testsysteme verwendet werden, wie z.B. das sogenannte **Disektorverfahren**, das im folgenden Abschnitt näher beschrieben wird.

### **III.2 Quantitativ-stereologische Schätzung von Zahlen Partikulärer Strukturen in biologischen Gewebeproben**

Unterschiedliche Verfahren können zur quantitativ-stereologischen Bestimmung (Schätzung) von Zahlen von partikulären (abgrenzbaren) Strukturelementen in Gewebeproben angewendet werden [3, 6]. Bei den zu quantifizierenden Gewebestrukturelementen kann es sich beispielsweise um Zellen, Zellkerne oder Zellorganellen handeln, aber auch um funktionelle Gebilde die aus mehreren und unterschiedlichen Zelltypen und Gewebestrukturen bestehen, wie z.B. endokrine Inseln in der Bauchspeicheldrüse [48] oder Glomeruli in der Nierenrinde [9, 13]. Prinzipiell kann die Zahl der zu quantifizierenden Gewebestrukturen (Zielstrukturen) in einem Gewebe/Organ durch Bestimmung ihrer **numerischen Volumendichte**, also der Anzahl der Zielstrukturen pro Volumeneinheit des Gewebes, das diese Strukturen enthält (Referenzvolumen), ermittelt werden, wenn das entsprechende Referenzvolumen auch bekannt ist [3, 6, 36]. Die Gesamtzahl der Zielstruktur in ihrem Referenz(gewebe)kompartiment errechnet sich dann als Produkt der numerischen Volumendichte der Zielstruktur in ihrem Referenzkompartiment und dem Volumen des entsprechenden Referenzkompartimentes (siehe hierzu Abschnitt III.1) [3]. Je nachdem, welche quantitativ-stereologische Analysemethode zur Bestimmung der

numerischen Volumendichte einer Zielstruktur (Partikel) angewendet wird, gibt sie entweder die Anzahl der Partikel pro Volumeneinheit des Referenzgewebes an (z.B. 800 Zellen/ $10^6 \mu\text{m}^3$ ), oder die Anzahl der Partikel pro Volumenanteil der untersuchten Probe am Gesamtvolumen des Referenzgewebes (z.B. 300000 Zellen/0,002% des Referenzgewebavolumens), wie bei den sogenannten **Fractionator-Verfahren** [5, 6, 49]. Bei den verschiedenen Varianten des Fractionator-Verfahrens wird das zu untersuchende Gewebe/Organ (mit bekanntem Volumen) in stetig kleinere Anteile (fractions) geteilt, die jeweils einen bestimmten, bekannten Volumenanteil (fraction) des ursprünglichen Gesamtvolumens des Gewebes/Organs besitzen. Die Repräsentativität der einzelnen Proben und die Richtigkeit der Volumenanteile der so generierten Proben sollen dabei durch die angewandten Prozessierungsprotokolle gewährleistet werden. In den entsprechenden Proben wird dann die Zahl der zu analysierenden partikulären Gewebestrukturen bestimmt und mit dem entsprechenden Volumenanteil (fraction) der Proben multipliziert, um die Gesamtzahl der Partikel im gesamten Organ/Gewebe zu errechnen.

Das 1984 von Sterio veröffentlichte **Disektorverfahren** [4] ermöglicht die direkte Zählung von Partikeln in einem definierten Volumen des Referenzgewebes. Mit dem physikalischen Disektorverfahren können numerische Volumendichten von Partikeln in ihrem Referenzkompartiment somit modellfrei und erwartungstreu bestimmt (geschätzt) werden [4-6]. Die Auswahl (sampling) der zu zählenden Partikel erfolgt unabhängig von der Größe, Form, Größen- und Formverteilung sowie von der Orientierung der Partikel, unabhängig von ihrer Verteilung im Gewebe und ohne die Notwendigkeit geometrisch-mathematische Vorannahmen zu ihrer Gestalt machen zu müssen. Eine vollständige Darstellung des Disektorverfahrens oder der verschiedenen Fractionatorverfahren mit sämtlichen geometrisch-stochastischen Grundlagen, ihren Anwendungsvarianten und Details liegt außerhalb des Fokus der vorliegenden Arbeit. Der interessierte Leser sei hier auf die Standardlehrbücher [3, 6] und Übersichtsartikel [2, 26, 29, 34] quantitativ-morphologischer Analysen in der biomedizinischen Forschung verwiesen sowie auf die zahlreichen Originalarbeiten, die zu diesen Themen veröffentlicht wurden [5, 49]. Im Folgenden werden lediglich die zum grundlegenden Verständnis des Disektorverfahrens notwendigen Details beschrieben, um die Relevanz von Schnittdickenmessungen für dieses quantitativ-stereologische Analyseverfahren zu verdeutlichen.

Das **Prinzip des Disektorverfahrens** besteht in der direkten Zählung von Partikeln in einem dreidimensionalen Testsystem mit bekanntem Volumen. Gezählt werden Partikel, deren Schnittprofile durch ein Testfeld in der Ausgangsebene erfasst werden und die in der (zur Ausgangsebene parallelen) Vergleichsebene nicht geschnitten werden. Das Disektorprinzip ist in Abbildung 1 der Originalarbeit [18] zur vorliegenden Dissertationsschrift und in zahlreichen anderen Publikationen und Lehrbüchern zu diesem Thema illustriert [2, 3, 6]. Im hier vorliegenden Text wird eine modifizierte Darstellung der Abbildung der eigenen Originalarbeit in deutscher Übersetzung gezeigt (Abbildung 1). Um die Erwartungstreue der mit dem Disektorverfahren geschätzten Zahlenwerte von partikulären Gewebestrukturen (mit unbekannter Größe, Form, Orientierung und Verteilung im Gewebe) zu gewährleisten, werden die zu untersuchenden Gewebeproben mit (systematisch) zufälligen Probenahmeverfahren (SUR-sampling) ausgewählt. Des Weiteren wird die Position und die Orientierung der Gewebeprobe relativ zur Orientierung der Schnittebenen, die durch die Gewebeprobe gelegt werden, mit geeigneten Verfahren in allen 3 Raumrichtungen randomisiert, um Schnitte mit gleichförmig zufällig ungerichteter Orientierung, sogenannte „isotropic uniform random (IUR)“ Schnitte zu generieren [6]. Hierzu sind verschiedene Verfahren etabliert, wie beispielsweise das sogenannte „*Isector*“-Verfahren [43] sowie das „*Orientator*“-Verfahren [41] und seine Varianten (z.B. „*orthogonal triplet probes*“, ORTRIPS) [42]. Das untersuchte Volumen des zwischen beiden (Disektor)-schnittebenen liegenden Gewebes (Disektorvolumen) wird durch den Abstand der beiden Disektorschnittebenen voneinander und durch die Flächeninhalte der in den beiden Schnittebenen korrespondierenden, zu analysierenden Testfelder bestimmt. Der Abstand (Disektorhöhe) beider Schnittebenen (und entsprechend das Disektorvolumen) wird dabei entweder in absoluten Einheiten (Mikrometer bzw. Kubikmikrometer) angegeben oder, bei Anwendung des Fractionatorverfahrens, als relativer Anteil an der gesamten Ausdehnung der untersuchten Probe vertikal zur Schnittebenenorientierung. Die beim Disektorverfahren untersuchten Schnittebenen können entweder unterschiedliche (parallele), optische Schnittebenen eines (vergleichsweise) dicken histologischen Schnittpräparates der untersuchten Gewebeprobe sein (optisches Disektorverfahren), oder physikalisch getrennte, (parallele) Schnitte der Gewebeprobe (physikalisches Disektorverfahren) [3]. Beim **optischen Disektorverfahren** ergibt sich die Disektorhöhe aus dem Abstand der beiden optischen Schnittebenen des dicken Schnittpräparates in z-Richtung (der mit

einer entsprechenden Messvorrichtung am Objektisch des Mikroskops bestimmt werden kann). Beim **physikalischen Disektorverfahren** werden oft Serien paralleler, äquidistanter Schnitte der Gewebeprobe angefertigt, aus denen die zu analysierenden Disektorschnittpaare (zufällig) ausgewählt werden [10, 11, 23, 48]. Beim physikalischen Disektorverfahren ergibt sich die Disektorhöhe, also der Abstand zwischen den optischen Fokusebenen beider Disektorschnitte, aus den Dicken der Schnitte und der Anzahl der Serienschnitte zwischen den beiden Disektorschnitten [3, 6, 18]. In quantitativ-stereologischen Studien wird oftmals die nominelle Schnittdicke, also der am Mikrotom eingestellte Wert des Vorschubes des Probenblockes zwischen zwei konsekutiven Schnitten, verwendet, um die Disektorhöhen zu berechnen [3]. Im Unterschied hierzu würden bei Anwendung der physikalischen Disektormethode im Rahmen eines Fractionatorverfahrens die gesamten zu untersuchenden Gewebeproben vollständig seriell geschnitten werden. Der Abstand zwischen zwei zueinander gehörenden Disektorschnitten würde durch den Anteil der zwischen den Disektorschnitten liegenden Serienschnitte an der Gesamtzahl der Serienschnitte der Probe definiert, also als Anteil des Abstandes der Disektorschnittebenen an der gesamten Probenhöhe angegeben werden.

Generell wird die Disektorhöhe so klein gewählt, dass die zu zählenden Partikel innerhalb des Disektorvolumens mit ausreichender Wahrscheinlichkeit sicher von einer der beiden Disektorschnittebenen erfasst werden. Daher wird gewöhnlich eine Disektorhöhe gewählt, die etwa einem Drittel der orthogonalen Linearprojektion der zu analysierenden Partikel entspricht [3]. Im Falle von Zellzählungen mit dem Disektorverfahren werden aus praktischen Gründen oftmals nicht die Zellen selbst, sondern die Kerne der Zellen gezählt, unter anderem, weil Zellkernanschnitte meist sicherer von ihrer Umgebung abgegrenzt werden können als Zellmembranen. Dieses Vorgehen funktioniert selbstverständlich nur bei Zelltypen, die nur einen einzigen Zellkern besitzen, aber nicht bei mehrkernigen oder kernlosen Zelltypen. Werden mit dem physikalischen Disektorverfahren Zellkerne gezählt, müssen aufgrund der vergleichsweise geringeren Größe von Zellkernen (wenige Mikrometer) relativ dünne Schnittpräparate verwendet werden, die höchstens ein Drittel so dick sein dürfen, wie der mittlere Minimaldurchmesser der Zellkerne, die gezählt werden sollen.

Die **tatsächliche physikalische Schnittdicke** der untersuchten Schnitte bei physikalischen Disektoranalysen von Zell(kern)zahlen liegt deswegen oft zwischen etwa 0,5 und 2  $\mu\text{m}$ . Eine verlässliche Anfertigung von Schnittserien derartig dünner

Schnitte erfordert meist die Verwendung von histologischen **Kunststoffeinbettungsmedien**, die im Vergleich zu Paraffin härter sind und dünner (in Serie) geschnitten werden können (siehe hierzu Abschnitt III.3). Gebräuchliche Kunststoffeinbettungsmedien sind beispielsweise Glycolmethacrylat/Methylmethacrylat (GMA/MMA) [50], oder Bisphenol A-Diglycidylether-Harz (Epon) [51], das zur Herstellung von Semidünnschnitten (0,25-1  $\mu\text{m}$ ) und von Ultradünnschnitten (20-100 nm) für transmissionselektronenmikroskopische Analysen verwendet wird.

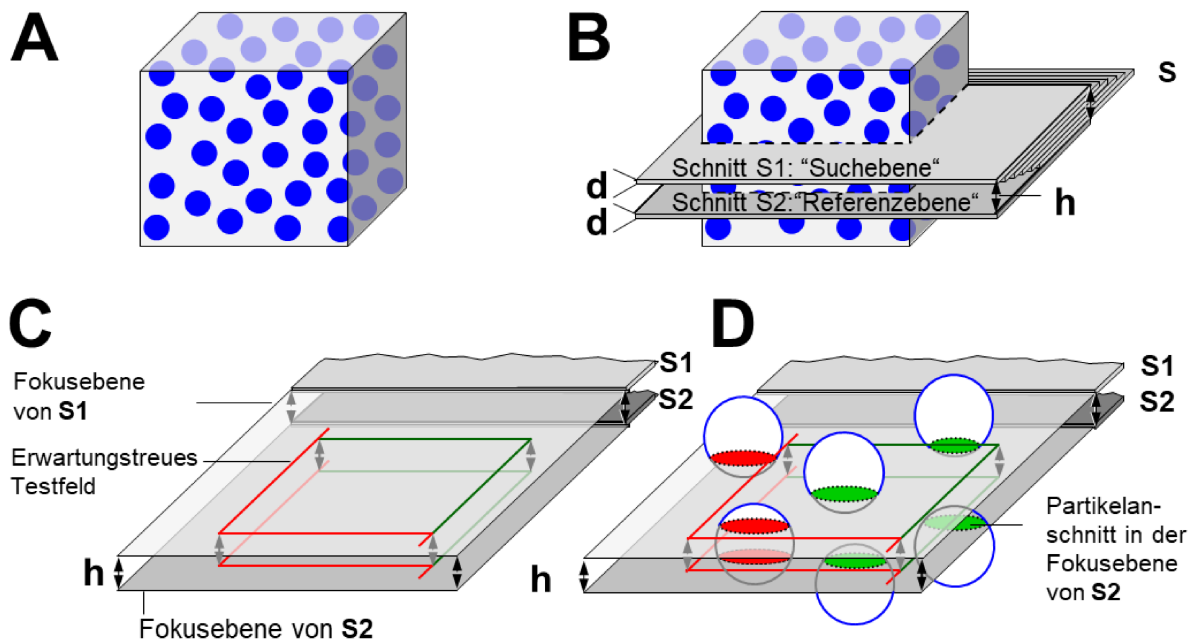
Das **Zählen von Partikeln** (bzw. das „sampling“) innerhalb des Disektorvolumens geschieht wie in Abbildung 1 der Originalarbeit [18] dargestellt folgendermaßen: Es werden Partikel innerhalb des Disektorvolumens gezählt, deren Schnittprofile nur in einer bestimmten der beiden Disektorschnittebenen (optisch oder physikalisch) vorhanden sind. Hierzu wird eine der beiden Disektorschnittebenen als Zählebene, und die andere als Referenzebene definiert, und nur diejenigen Partikel gezählt, die in der Referenzebene vorhanden sind, aber nicht in der Such- oder Zählebene. Beim Disektorverfahren gezählte Partikel werden in quantitativ-stereologischen Studien oft mit dem Kürzel „Q“ bezeichnet (siehe Gleichung 1), wobei das hochgestellte Minuszeichen andeutet, dass die „verschwindenden“ Partikel gezählt werden, also die, die noch in der Referenzebene vorhanden sind, aber nicht mehr in der Zählebene. Partikel, die von beiden Disektorschnittebenen erfasst werden, werden hingegen nicht gezählt [2, 3, 6]. Zur Gewährleistung der Erwartungstreue der mit dem Disektorverfahren geschätzten Zahlenwerte werden sogenannte **erwartungstreue Testfelder** („unbiased counting frames“) nach Gundersen (1977) [52] verwendet [3, 6]. Solch ein erwartungstreues Testfeld besteht aus einer Fläche mit bekanntem Flächeninhalt, die von sogenannten „erlaubten“ und „verbotenen“ Linien begrenzt wird. Die Positionen der auszuwertenden erwartungstreuen Testfelder innerhalb der Disektorschnittebenen werden ebenfalls (systematisch) zufällig ausgewählt. Der Flächeninhalt des Anschnitts des Referenzkompartimentgewebes innerhalb des erwartungstreuen Testfelds kann durch **Punktzählung** ermittelt werden [3, 6]. Das Testfeld wird hierzu mit einem Raster äquidistanter Testpunkte überlagert und es werden die Punkte gezählt, die auf Anschnitte des Referenzkompartimentgewebes fallen. Der Flächeninhalt der Referenzgewebeanschnitte innerhalb des erwartungstreuen Testfelds ergibt sich aus dem Quotienten der Trefferpunkte des Referenzgewebeanschnittes und der Gesamtzahl der Punkte innerhalb des Testfelds



(Punktdichte) und dem Flächeninhalt des entsprechenden Testfelds. Bei der **Disektoranalyse mit erwartungstreuen Testfeldern** werden nur Partikelprofile gezählt, die vollständig innerhalb des Testfelds liegen, oder eine der „erlaubten“ Linien berühren ohne gleichzeitig eine der „verbotenen“ Linien oder deren Extinktionen zu berühren“ (vergleiche Abbildung 1 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]). Damit wird verhindert, dass das Zählergebnis durch systematische Fehler („bias“) verfälscht wird, die sich aus der Form und der Größe der zu zählenden Partikel bzw. aus den Begrenzungen des 2D-Testfelds innerhalb einer Schnittfläche des Referenzgewebekompartiments ergeben (dieser sog. „edge effect“, betrifft entsprechend sämtliche Begrenzungen des Referenzgewebekompartiments innerhalb des 3D Disektorvolumens) [52]. Um die Effizienz des Zählprozesses zu erhöhen können die Rollen der Zähl- und der Referenzebene eines Disektorschnittebenenpaares anschließend vertauscht werden [10], auch wenn diese Vorgehensweise in Lehrbüchern nicht empfohlen wird, da sie beim Untersucher zu Verwirrung führen könnte [6]. Wird „in-beide-Richtungen“ gezählt, so werden alle Partikel gezählt, die nur von einer (beliebigen) der beiden Disektorschnittebenen getroffen werden. Dabei verdoppelt sich selbstverständlich das ausgewertete Disektorvolumen, was anschließend bei der Berechnung des Schätzwertes der numerischen Volumendichte der gezählten Partikel berücksichtigt werden muss.

Als „Faustregel“ gilt, dass in einer quantitativ-stereologischen Analyse mit dem Disektorverfahren eine Mindestzahl von etwa 75-150 Partikeln pro Fall gezählt werden sollte, um akkurate Schätzergebnisse (präzise und ohne systematischen Fehler) mit hinreichend akzeptabler Fehlerwahrscheinlichkeit zu gewährleisten [6].

Die numerische Volumendichte der mit dem Disektorverfahren gezählten Partikel innerhalb ihres Referenzkompartimentes errechnet sich wie in Gleichung 1 dargestellt [3] (mit Berücksichtigung der bei der Prozessierung der Gewebeprobe bei ihrer Einbettung in ein histologisches Einbettungsmedium und der Erstellung von histologischen Schnittpräparaten auftretende, sog. „Einbettungsschrumpfung“ [6]; siehe hierzu auch Abschnitt III.3).



**Abbildung 1. Schematische Darstellung des physikalischen Disektorprinzips zur quantitativ-stereologischen Schätzung von numerischen Volumendichten.** Im hier gezeigten Beispiel soll die numerische Volumendichte der blauen Partikel in Ihrem Referenzkompartiment (grauer Würfel) bestimmt werden (A). Zur Vereinfachung werden kugelförmige (isotrope) Partikel einheitlicher Größe und mit gleichmäßiger Verteilung im Referenzkompartiment gezeigt. Das Referenzkompartiment wird in parallele, äquidistante Schnitte (S) mit der individuellen Dicke „d“ geschnitten (B). Aus der Schnittserie werden zwei Schnitte S1 („Suchebene“) und S2 („Referenzebene“) mit bekanntem Abstand „h“ zufällig ausgewählt, wobei „h“ etwa ein Drittel des Durchmessers der zu analysierenden Partikel beträgt. Der Abstand „h“ zwischen den Fokusebenen von S1 und S2 ergibt sich aus der Anzahl n der Schnitte zwischen S1 und S2 und ihrer mittleren Dicke „d“:  $h = d \times (n+1)$ . C: Der physikalische Disektor stellt ein 3-dimensionales stereologisches Testsystem bekannten Volumens dar, innerhalb dessen Partikel erwartungstreu ausgewählt und direkt gezählt werden können. Innerhalb korrespondierender Anschnittsflächen des Referenzkompartimentes in den Fokusebenen von S1 und S2 werden mit Hilfe erwartungstreuer Testfelder (TF) zufällige Bereiche definiert, innerhalb derer die Partikel, die entweder von S1 oder von S2 getroffen werden, ausgewählt (und gezählt) werden. Die erwartungstreuen Testfelder besitzen bekannte (gleiche) Flächeninhalte und sind von „erlaubten“ (grünen) und von „verbotenen“ (roten) Linien begrenzt. Das Disektorvolumen, innerhalb dessen die so ausgewählten Partikel gezählt werden, wird vom Flächeninhalt der Testfelder ( $A_{TF}$ ) und von „h“ (Disektorhöhe) bestimmt. D: Partikel werden nur gezählt, wenn sie entweder vollständig innerhalb der „erlaubten“ Linien des Testfeldes liegen (grüne Partikelschnittflächen), oder eine der „erlaubten“ Linien berühren ohne gleichzeitig eine der „verbotenen“ Linien zu berühren. Partikel, die eine der „verbotenen“ Linien berühren (rote Partikelschnittflächen) werden nicht gezählt. In einem einzelnen Disektorvolumen werden dabei nur diejenigen Partikel gezählt, welche die „Referenzebene“ treffen und nicht von der „Zählebene“ getroffen werden. Wie hier gezeigt können anschließend die Rollen der „Zähl“- und der „Referenz“-ebenen vertauscht werden und der Zählvorgang wird wiederholt (d.h. dieselben Schnitte werden verwendet um in einem zweiten Disektorvolumen „in-die-andere-Richtung-zu-zählen“, was die Effizienz der Zählung verdoppelt). Im gezeigten Beispiel werden also vier Partikel in einem Referenzkompartimentvolumen von zwei Disektorvolumina gezählt ( $2 \times h \times A_{TF}$ ). *Abbildung: Matenaers, 2020.*

### Gleichung 1. Numerische Volumendichte [3]

$$\hat{N}_{V(X/Y)} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n Q_{(X)i}^-}{h \sum_{i=1}^n A_{(Y)i}} \right) \times f_s^3$$

$\hat{N}_{V(X/Y)}$	Stereologischer Schätzwert der numerischen Volumendichte der Partikel (X) innerhalb ihres Referenzkompartimentes (Y)
$\sum_{i=1}^n Q_{(X)i}^-$	Gesamtzahl aller gezählten X-Partikel ( $Q^-$ ) in allen ausgewerteten Disektoren pro Fall
$\sum_{i=1}^n A_{(Y)i}$	Gesamtfläche der Anschnittsfläche des Referenzkompartimentgewebes in allen analysierten Disektoren eines Falles
$h$	Abstand zwischen der Fokusebenen der Zähl- und der Referenzebene (Disektorhöhe)
$n$	Anzahl der pro Fall analysierten Disektoren
$h \sum_{i=1}^n A_{(Y)i}$	Gesamtvolumen aller pro Fall analysierter Disektoren
$f_s$	Linearer Schrumpfungs(korrektur)faktor für das jeweilige Gewebe und Einbettungsmedium

Aus der dargestellten Methodik des physikalischen Disektorverfahrens und aus der Berechnung der numerischen Volumendichten wird die Relevanz der **Kenntnis der tatsächlichen Schnittdicken** der analysierten Schnitte deutlich, da diese die Disektorhöhe bestimmen.

Aus praktischen Gründen wird in quantitativ-morphologischen Studien das physikalische Disektorverfahren gegenüber dem optischen Disektorverfahren oft bevorzugt, da eine eindeutige Identifizierung der Anschnittsprofile der zu zählenden Partikel in dünnen Plastikschnittpräparaten meist leichter gelingt, als in den verschiedenen optischen Schnittebenen eines (dicken) Schnittpräparates. Die Anwendung der Disektormethode im Rahmen einer quantitativ-morphologischen Analyse mit dem Fractionatorverfahren erfordert prinzipiell nicht die Kenntnis von Schnittdicken und es müssen auch keine Plastikeinbettungsmedien verwendet werden. Dennoch wird das physikalische Disektorverfahren oftmals gegenüber dem Fractionatorverfahren vorgezogen, nicht zuletzt aufgrund der bisweilen kompliziert erscheinenden Technik, die zur Erstellung von Fractionatorproben mit definierten

Relativvolumen-Fractionen (relativ zum Gesamtvolumen des untersuchten Organes/Gewebes) angewendet werden [3, 5, 6, 49], und der Gefahr einer (technisch)-fehlerhaften Fraktionierung des zu untersuchenden Gewebes/Organs. Mit Hilfe geeigneter, kommerziell vertriebener Stereologiesysteme die aus Mikroskop, elektronisch ansteuerbarem Objektisch, Kamera und Computer mit entsprechender Software bestehen bzw. mit frei im Internet erhältlichen Anwendungsprogrammen („freeware“) können physikalische Disektoranalysen beschleunigt durchgeführt werden. Diese sind aber nicht zwingend für die Durchführung von physikalischen Disektoranalysen erforderlich. Hierbei sind insbesondere die automatisierte systematisch-zufällige Auswahl der auszuwertenden Gesichtsfelder, die automatische Anpassung der Ausrichtung der Such- und der Referenzschnitte („*image alignment*“) und die Überlagerung der histologischen Bilder mit geeignet dimensionierten Punktrastern und erwartungstreuen Testfeldern vorteilhaft.

### **III.3 Eignung verschiedener histologischer Einbettungsmedien für Disektoranalysen und Einfluss von Schrumpffartefakten auf die Dickenmessung histologischer Schnittpräparate**

Bei der Prozessierung von Gewebeproben für histologische Untersuchungen wird das Gewebe zahlreichen biologischen, chemischen und physikalischen Einflüssen ausgesetzt (Gewebstod, Autolyse, Fixierung, verschiedene Chemikalien, Einbettungsmedien, veränderliche Temperatur- und Druckverhältnisse). Diese Faktoren bedingen eine Änderung des Volumens des untersuchten Gewebes im Vergleich zu dem Volumen, welches das entsprechende Gewebe *in vivo* hatte [46]. Die Volumenänderung tritt dabei bei verschiedenen Geweben, verschiedenen Probengrößen und unterschiedlichen Prozessierungsschritten in unterschiedlichen Ausmaßen auf. Die Verwendung verschiedener histologischer Einbettungsmedien wie **Paraffin** oder **Kunststoffen** wie GMA/MMA [50] oder Epon hat einen besonders großen Einfluss auf das Ausmaß der mit der Gewebeeinbettung einhergehenden Gewebeschrumpfung (sogenannte „**Einbettungsschrumpfung**“) [6]. Diese Einbettungsschrumpfung muss bei quantitativ-stereologischen Analysen (schrumpfungssensitiver) morphologischer Parameter, wie Längen-, Oberflächen- und numerischen Volumendichten berücksichtigt und entsprechend korrigiert werden [1, 9,

13, 19, 23, 38, 40]. Das Ausmaß der Gewebeschrumpfung bei der Einbettung kann durch Messung des Volumens einer Probe vor und nach ihrer Einbettung bestimmt werden [6] bzw. durch Bestimmung des Flächeninhalts derselben Schnittfläche einer Gewebeprobe vor und nach der Einbettung [19, 38, 40]. Zur Ermittlung der Flächenschrumpfung wird die Anschnittsfläche einer fixierten Gewebeprobe gemessen, die Probe wird eingebettet und ein histologisches Schnittpräparat derselben Anschnittsfläche erstellt, deren Fläche dann (im Schnitt) gemessen wird. Aus dem Quotienten der Volumina (oder Flächen) der Gewebeprobe (Gewebeanschnittsfläche) vor und nach Einbettung wird der **lineare Schrumpfungsfaktor  $f_s$**  errechnet, der zur (Schrumpfungs)-Korrektur quantitativ-stereologischer Schätzwerte verwendet wird [19, 38, 40]. Bei der Einbettung von Gewebeproben in Paraffin tritt im Vergleich zu Kunststoffeinbettungsmedien eine besonders große Volumenschrumpfung der eingebetteten Probe auf, die in Abhängigkeit des untersuchten Gewebes oft über 50% betragen kann. Die bei der Paraffineinbettung auftretende Gewebeschrumpfung ist zudem nicht einheitlich, sondern variiert (oft unvorhersehbar) in Abhängigkeit von der Art und der Zusammensetzung des eingebetteten Gewebes, der Probengröße, dem Volumen des Paraffinblocks in den die Probe eingebettet wird, und der Zusammensetzung des Paraffins welches zum Ausgießen benutzt wird [6]. Aufgrund der beträchtlichen sowie uneinheitlichen, differentiellen, anisotropen, variablen, und nicht exakt vorhersehbaren Gewebeschrumpfung bei Verwendung von Paraffin als Einbettungsmedium [6] werden bei quantitativ-stereologischen Analysen oftmals keine in Paraffin eingebetteten Gewebeproben untersucht, sondern Kunststoffeinbettungsmedien zur Herstellung der Schnittpräparate verwendet, die eine geringere und einheitlichere Gewebeschrumpfung bedingen [6]. Beispielsweise beträgt der lineare Schrumpfungsfaktor  $f_s$  für GMA/MMA eingebettete Gewebeproben von perfusionsfixierten Mäusenierengewebe lediglich  $f_s = 0,91 \pm 0,02$  und bei Epon-Einbettung sogar nur  $f_s = 0,95 \pm 0,02$  was einer 3-dimensionalen Volumenschrumpfung von 22% bzw. 14% entspricht [19]. Des Weiteren können Serien von dünneren Schnittpräparaten einfacher mit kunststoffeingegebenen Gewebeproben hergestellt werden als mit paraffineingegebenen Proben. Dünner Schnitte erlauben oft eine bessere Erkennbarkeit morphologischer Details und auch für Quantifizierungen kleiner Gewebestrukturen mit dem physikalischen Disektorverfahren sind dünne Schnittpräparate erforderlich (siehe Abschnitt III.2).

Lediglich die Anwendung sogenannter „Fractionator“-Verfahren (siehe Abschnitt III.2) gestattet die Benutzung von in Paraffin eingebetteten Gewebeproben im Rahmen quantitativ-stereologischer Analysen von numerischen Volumendichten mit dem physikalischen Disektorverfahren, da bei Fractionator-Verfahren keine, von einer Einbettungsschrumpfung beeinflussten, absoluten Proben- und Disektorvolumina bestimmt werden, sondern lediglich relative Volumenanteile [3, 5, 6, 49].

Auch in Bezug auf die **Messung der Dicke von histologischen Schnittpräparaten** spielt das verwendete Einbettungsmedium eine wichtige Rolle. So kommt es in Abhängigkeit vom verwendeten Einbettungsmedium zu unterschiedlich großen Volumenveränderungen des (Gewebe)schnitts, die beim Schneiden des Schnittes vom Gewebeblock auftritt, beim Strecken des Schnittes im Schnittbad, beim Aufziehen des Schnittes auf den Objektträger, beim Färben, und schließlich beim Eindecken des gefärbten Schnittes mit Eindeckmedium und Deckgläschen. Die hierbei auftretenden Volumenveränderungen betreffen dabei sowohl die x-y-Ausdehnung des Schnittes (d.h. seine Fläche), als auch die z-Ausdehnung, also die Höhe des Schnittes. Aufgrund der 3-dimensional asymmetrischen Geometrie (flacher) Gewebeschnitte und der planen (festen) Verbindung des aufgezogenen Schnittes mit der Oberfläche des Objektträgers, kann sich die Höhe des Schnitts dabei in unterschiedlichem Ausmaß ändern als seine Fläche [6, 46]. Dies betrifft wiederum insbesondere Schnitte von in Paraffin eingebetteten Gewebeproben. Anders als bei Schnitten zahlreicher üblicher Kunststoffeintrittungsmedien wird bei Schnitten von in Paraffin eingebetteten Gewebeproben das Einbettungsmedium nach dem Schneiden und Aufziehen des Schnittes auf den Objektträger vom Präparat entfernt. Diese **Deparaffinierung der aufgezogenen Schnitte** ist für die folgende Färbung der Schnitte erforderlich und erfolgt durch Inkubation in einem Wärmeschrank und eine anschließende Behandlung mit einem Lösungsmittel wie Xylol. Bei der Deparaffinierung des Schnittes schrumpft die Dicke des ursprünglichen Schnittes somit in Schnittbereichen die kein Gewebe (Material) enthalten auf null (!). In Bereichen des Schnittes, die unterschiedliche Gewebe- oder Zellstrukturen (Zellkerne, Extrazellulärsubstanz, etc.) enthalten, schrumpft die Höhe des Schnittes ebenfalls unterschiedlich stark. Die Dicke eines (aufgezogenen, deparaffinierten) Gewebeschnitts ist damit an vielen Stellen geringer, als vor der Deparaffinierung des Schnittes [18]. Das bedeutet, dass die durch die Deparaffinierung bedingte Schrumpfung des Gewebeschnittes in Richtung der z-Achse (also eine Höhen- bzw. Dickenschrumpfung) dazu führt, dass die maximale

Dicke eines in einer histologischen Untersuchung betrachteten Paraffinschnittpräparats nicht der tatsächlichen Dicke des Schnitts (also dem Mirotomvortrieb) entsprechen muss, die er unmittelbar nach dem Abschneiden vom Paraffinblock hatte (sondern wahrscheinlich oft geringer ist) [18]. Würden die gemessenen Dicken von Paraffinschnittpräparaten einer Schnittserie nun zur Berechnung der gesamten Höhe des betreffenden Serienschnittstapels verwendet werden, wäre das Ergebnis kleiner, als die tatsächliche Höhe des Gewebes im Paraffinblock. Im Unterschied zu in Paraffin eingebetteten Gewebeproben verbleibt bei Verwendung von vielen üblichen Kunststoffeinhüllungsmedien das im (Kunststoff)-Schnitt befindliche Gewebe permanent vom Einbettungsmedium umgeben und durchdrungen. Im Ergebnis weisen Paraffinschnitte also generell eine unregelmäßige Oberfläche mit unterschiedlichen Schnittdicken an verschiedenen Stellen des Schnittes auf, während **Kunststoffschnittpräparate** eine an allen Stellen gleichmäßige (und im Wesentlichen unveränderte) Dicke und eine ebene Oberfläche besitzen, unabhängig davon, ob die betrachtete Stelle des Kunststoffschnittes Gewebe enthält, oder nicht [18]. Zusätzlich zeigen in Serie geschnittene Kunststoffschnitte (bei technisch einwandfrei funktionierenden Mikrotomen) eine geringe (durch das Einbettungsmedium bedingte) Variabilität ihrer individuellen Schnittdicken [18]. Die unterschiedliche Morphologie histologischer Schnittpräparate von in Paraffin- und in Kunststoffmedien eingebetteten Gewebeproben ist in Abbildung 2 der publizierten Originalarbeit [18] ausführlich illustriert.





### **III.4 Konventionelle Verfahren zur Dickenmessung lichtmikroskopischer histologischer Schnittpräparate**

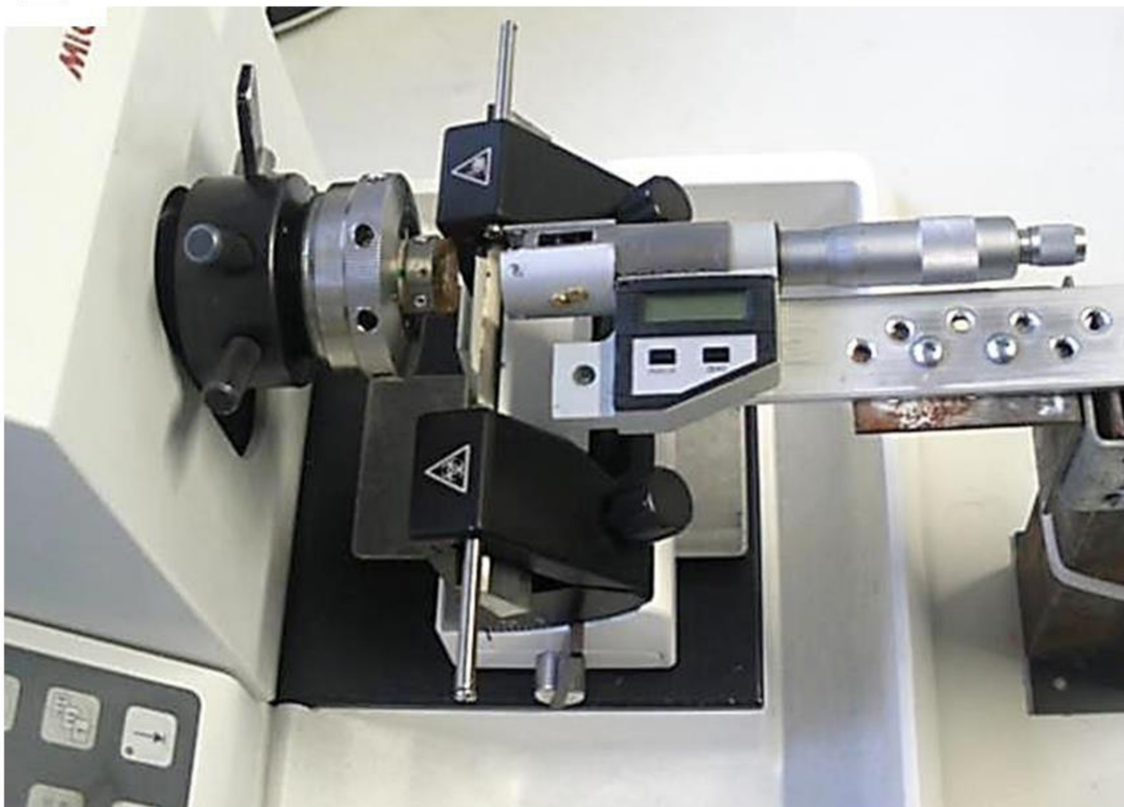
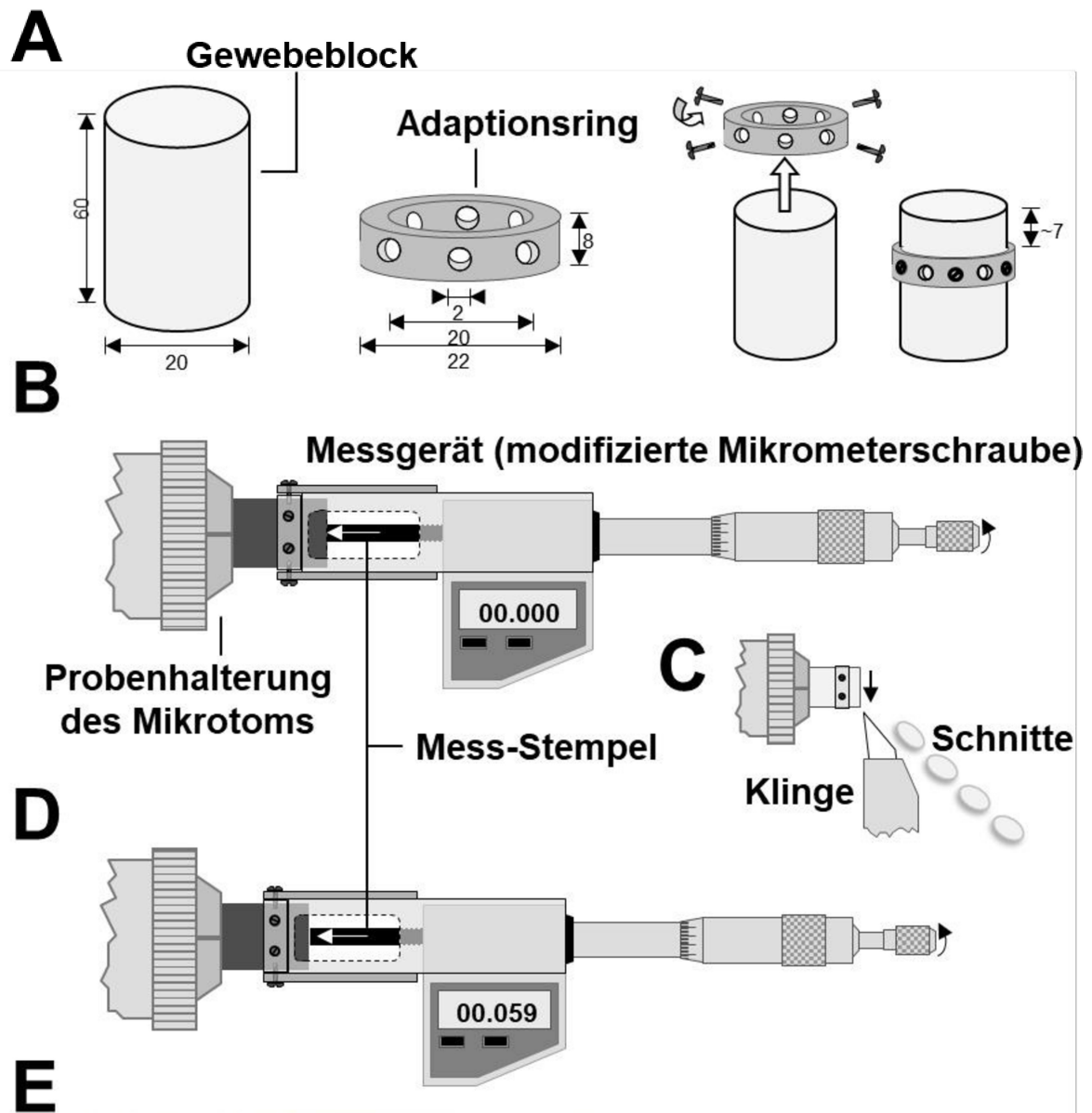
Herkömmliche Verfahren zur Bestimmung der Dicke histologischer Schnitte umfassen prinzipiell Methoden bei denen die durchschnittliche Dicke eines Schnittes aus der gemessenen kumulativen Dicke der Schnitte einer Serie mehrerer Schnitte errechnet wird sowie Techniken zur direkten Messung der Dicken individueller Schnitte.

#### **III.4.1 Bestimmung der durchschnittlichen Dicke eines Schnittes einer Schnittserie**

Bei diesen Verfahren wird die Gesamtdicke einer Serie von parallelen Schnitten einer eingebetteten Gewebeprobe bestimmt, indem die Abnahme der Höhe des Gewebeblocks vertikal zur Orientierung der Schnittebenen gemessen wird. Hierzu wird die Höhe des Gewebeblockes vor und nach dem Schneiden der Serienschnitte bestimmt. Die durchschnittliche Dicke eines einzelnen Schnittes der Serie wird dann aus der Anzahl der Schnitte der Serie und der Höhenabnahme des Gewebeblockes errechnet. Mattfeld beschrieb 1990 ein derartiges Verfahren [7], bei dem die Position des ersten und letzten Schnitts einer Schnittserie durch Einkerbungen am geschnittenen Gewebeblock markiert wurden, deren Abstand gemessen wurde. Popper und Blutke entwickelten 2013 eine technische Vorrichtung zur Messung der Abnahme der Höhe von histologischen (Kunststoff)-Blöcken während des Schneideprozesses am Mikrotom [53, 54]. Abbildung 2 zeigt eine Schemazeichnung und die Anwendung dieser Vorrichtung. Die feste Adaption der Messvorrichtungsbestandteile am Gewebeblock selbst bzw. am Mikrotom sowie die Verwendung einer Mikrometerschraube mit flachem Messstempel tragen hier dazu bei, Messfehler, die durch Verkippungen des Gewebeblocks oder die verformbare Konsistenz des Einbettungsmediums bedingt sein können, zu verhindern. Naturgemäß steigt bei einem gegebenen, technisch bedingten Messfehlerbereich (Toleranz) die Präzision, mit der die mittlere Dicke eines Schnittes einer Schnittserie mit dieser Methode bestimmt werden kann, mit zunehmender Anzahl der Schnitte in der Schnittserie an. Mit der Messvorrichtung nach Popper und Blutke konnte die mittlere Dicke eines GMA/MMA Schnittes mit einer nominellen Schnittdicke von  $1,0\text{ }\mu\text{m}$  in einer Serie von 101 Schnitten mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,001\text{ }\mu\text{m}$  bestimmt werden [54]. Das Messprinzip beinhaltet jedoch zwei hauptsächliche Nachteile. Zum einen werden

lediglich mittlere Schnittdickenwerte errechnet. Die Übereinstimmung dieses Mittelwertes mit der tatsächlichen Dicke eines jeden individuellen Schnitts der Schnittserie ist damit letztendlich von der technischen Funktion des Mikrotoms, d.h. von der Wiederholgenauigkeit der individuellen Schnittdicken abhängig. Zum Zweiten müssen bei Schnittdicken von wenigen Mikrometern Schnittserien mit verhältnismäßig vielen Schnitten angefertigt werden, um (bei den gegebenen technisch bedingten Messfehlertoleranzen) hinreichend genaue Schnittdickendurchschnittswerte zu erhalten. Eine praktische Eignung des Verfahren zur Schnittdickenbestimmung bei physikalischen Disektoranalysen ist daher auf Experimente beschränkt, in denen die Zahl relativ großer Strukturelemente eines Gewebes in Schnittpräparaten mit geringer Dicke bestimmt werden sollen, also Disektorschnittebenen in verhältnismäßig großem Abstand (Disektorhöhe) untersucht werden, wie z.B. bei der Schätzung der numerischen Volumendichten muriner Glomeruli in der Nierenrinde mit 1 µm dicken (GMA/MMA-)Schnitten und Disektorhöhen von ~20 µm [9].

**Abbildung 2 (folgende Seite). Bestimmung der mittleren Schnittdicke durch Messung der Abnahme der Höhe eines GMA/MMA-Gewebeblockes während der Erstellung einer Serie konsekutiver Schnitte. A-D:** Technische Zeichnung der Messvorrichtung und schematische Darstellung des Messprinzips. Die Zahlen geben die Ausmaße der Bauteile (in mm) an. Ein Adaptionring wird fest mit dem zu schneidenden Gewebeblock verbunden (**A**). Der Block wird in die Probenhalterung des Mikrotoms gespannt und angeschnitten. Das aus einer Mikrometerschraube mit einem flachen Messstempel bestehende Messgerät wird mit dem Adaptionring verbunden und die Höhe der Anschnittsfläche des Blockes (vor Anfertigung der Schnittserie) wird als Nullwert eingestellt (**B**). Dann wird das Messgerät vom Adaptionring gelöst, während der Block in der Probenhalterung des Mikrotoms eingespannt bleibt. Nach Schneiden einer Serie konsekutiver Schnitte mit gleichbleibender nomineller Schnittdicke und bekannter Schnittzahl (**C**) wird die Mikrometerschraube wieder am Adaptionring des Blockes befestigt (der immer noch in der Probenhalterung des Mikrotoms eingespannt ist) und die Abnahme der Höhe des Blockes gemessen (**D**). Fotografie des Messgerätes (**E**). Abbildung mit freundlicher Genehmigung von Dr. A. Parzefall, 2020.



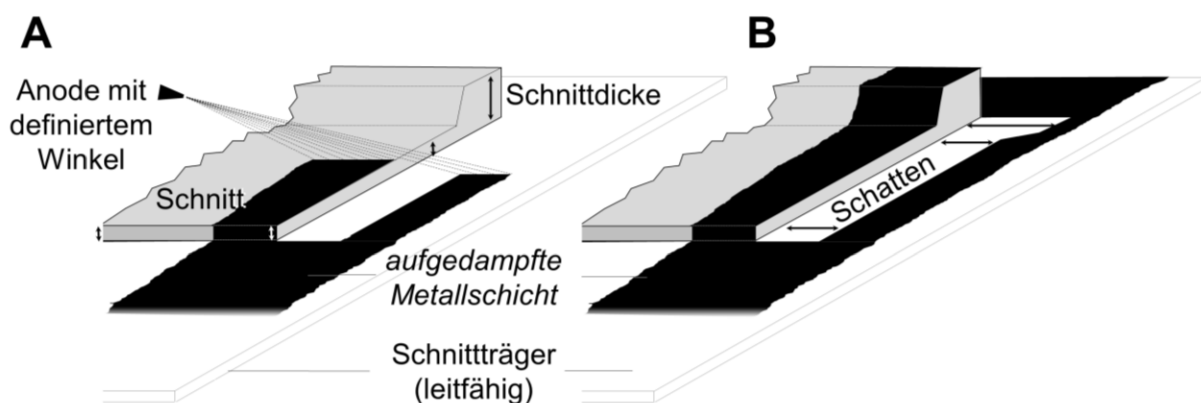


### III.4.2 Methoden zur Bestimmung individueller Schnittdicken

Die Dicke von verhältnismäßig dicken Schnitten (von etwa 10 bis  $>100\text{ }\mu\text{m}$ ), die etwa in optischen Disektoranalysen verwendet werden, kann durch **Bestimmung des Abstandes der Fokusebenen an der oberen und unteren Schnittfläche** bestimmt werden [3, 6]. Hierzu werden am Mikroskop montierte Geräte verwendet, welche die Höhenverstellung des Objektisches in z-Richtung beim Fokussieren messen. Diese Geräte (z-axis stepper) funktionieren entweder mechanisch, oder besitzen einen piezo-elektrischen Motor zum Vortrieb. Neben der visuell-händischen Einstellung der entsprechenden Fokusebenen existieren auch automatisierte Techniken ("absolute gradient focus function") zur Identifizierung der Ober- und Unterseiten (dicker) Schnittpräparate, mit denen eine Messgenauigkeit von  $0,39\text{--}0,56\text{ }\mu\text{m}$  erreicht wird [55]. Auch bei der Untersuchung von Gewebeschnitten mit dem Verfahren der **konfokalen Lasermikroskopie** kann die Dicke des untersuchten Schnittes als Abstand zwischen verschiedenen betrachteten Fokusebenen bestimmt werden, deren Höhe am Gerät eingestellt und mit einem piezo-elektrischen Motor angefahren wird. Bei modernen konfokalen Lasermikroskopen beträgt die minimale Auflösung in z-Richtung („step“-Höhe), hauptsächlich in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Laserlichtes und der numerischen Apertur des verwendeten Objektivs, aber auch nur etwa  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  [56, 57]. Für die exakte Bestimmung der Schnittdicken dünner Schnittpräparate ( $0,5$  bis  $3\text{ }\mu\text{m}$ ), die im Rahmen lichtmikroskopischer physikalischer Disektoranalysen untersucht werden sollen, sind diese Messmethoden daher nicht anwendbar.

Frühe Verfahren zur Schnittdickenmessung von transmissionselektronenmikroskopischen Ultradünnschnittpräparaten stammen aus den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Ein einfaches Verfahren bestand darin, den Schnitt, dessen Dicke bestimmt werden sollte, unter einem definierten Winkel mit einem (Schwer-)metall zu bedampfen und danach im Elektronenmikroskop die Länge des „Schattens“ am Rand des Schnittpräparats zu messen, der (bei definierten „Bedampfungswinkel“) von der Dicke des Schnitts abhängig ist [58-61]. Das Prinzip der Methode ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Eine entsprechende elektronenmikroskopische Abbildung findet sich in einer Originalarbeit von Williams und Meek (1960) [60]. Naturgemäß gestattet die „**Schnitttrandschattenlängen**“-Methode allerdings nur die Bestimmung von Schnittdicken an den Rändern der untersuchten Schnitte und hängt von der Annahme ab, dass sich die Dicke eines

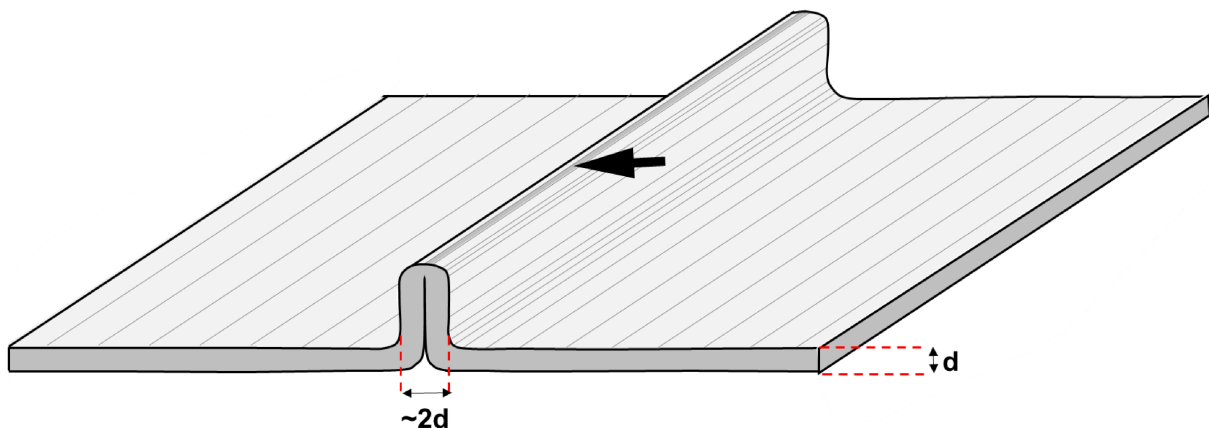
Schnittes an seinen Rändern nicht von seiner Dicke an anderen Stellen unterscheidet. Außerdem könnte es durch das Hochvakuum und die (Elektronen-)Strahlung, die der Schnitt während der Metallbedampfung und der elektronenmikroskopischen Untersuchung ausgesetzt ist, zu einer partiellen Verdampfung des Einbettungsmediums und damit zu einer Verringerung der tatsächlichen Schnittdicke kommen [60, 62, 63]. Schließlich ergeben sich bei „unscharfen“ Schnitträndern ebenfalls „unscharfe“ Schattenrandlinien, was die Durchführung präziser Messungen erschwert.



**Abbildung 3. Vereinfachte schematische Illustration des Prinzips der „Schnittrandschattenlängen-Methode“ zur Schnittdickenbestimmung von transmissionselektronenmikroskopischen Ultradünnschnittpräparaten. A.** Die Oberfläche des auf ein leitfähiges Trägermaterial (z.B. kohlenstoffbeschichtetes Netzchen) aufgezogenen Ultradünnschnitts wird in einem bekannten Winkel mit einem Schwermetall (z.B. Chrom) bedampft. **B.** Am Rand des Schnittes entsteht so auf dem Schnittträger ein „Schatten“, also eine Fläche ohne Metallbedampfung. Die Breite dieses „Schattens“ ist vom Winkel der Bedampfung und der Dicke des Schnitts abhängig und kann in elektronenmikroskopischen Aufnahmen des Schnittrandes gemessen werden. Abbildung: Cyrill Matenaers, 2020.

Eine weitere, einfache konventionelle Methode zur Abschätzung der Schnittdicken von transmissionselektronenmikroskopischen Ultradünnschnittpräparaten besteht darin, die Breite von kleinen Falten im Schnitt zu vermessen [14, 64-66]. Bei kleinen Schnittfalten liegen die beiden aneinander gefalteten Blätter der Schnittfalte eng aneinander an. Die Breite einer solchen Falte entspricht also etwa dem Doppelten der Schnittdicke. Im Ultradünnschnittpräparat sind derartige kleine Schnittfalten an einer elektronendichten Linie erkennbar, die längs entlang des Faltenscheitels, also in der Mitte der Falte verläuft (siehe Abbildung 4). Zur Schätzung der Schnittdicke mit der

„**Kleine-Falten**“ **Technik** werden die Breiten mehrerer kleiner Falten an unterschiedlichen Stellen des Schnittes bei ausreichend hoher Vergrößerung vermessen [14, 64, 66]. Die Nachteile der Methode sind offensichtlich: Um verlässliche Ergebnisse zu erhalten, müssen zahlreiche Falten vermessen werden und die Methode funktioniert nur bei kleinen Falten, da bei größeren (höheren) Falten die Schichten des Schnitts nicht parallel anliegen. Letztendlich kann sich die Anwesenheit von Falten im Schnitt natürlich auch nachteilig auf die Durchführbarkeit qualitativer und quantitativer morphologischer Untersuchungen an solch „faltigen“ Schnittpräparaten auswirken [14].



**Abbildung 4. Schematische Illustration der „Kleine-Falten-Methode“ zur Schnittdickenschätzung von transmissionselektronenmikroskopischen Ultradünnschnittpräparaten.** Die Dicke der Falte entspricht etwa dem Doppelten der Schnittdicke. Der Pfeil zeigt auf die elektronendichte Linie in der Faltenmitte, die bei höheren Vergrößerungen erkennbar ist. Abbildung: Cyrill Matenaers, 2020.

Zur Kalibrierung von Längenmessungen (z.B. von Faltendicken) werden in der Transmissionselektronenmikroskopie gewöhnlicher Weise **Standardobjekte definierter Dimensionen**, wie z.B. sogenannte Kreuzgitterrepliken mit bekannten Gitterlinienabständen verwendet, die unter den gleichen Aufnahme- bzw. Vergrößerungsbedingungen wie der analysierte Schnitt aufgenommen werden. Bei sehr hohen Vergrößerungen werden auch Kristalle bestimmter Enzyme als Größenreferenz verwendet [64]). Verschiedene biologische Strukturen weisen eine erstaunlich regelmäßige, periodische Anordnung von Strukturelementen auf, deren absolute (3D)-Abstände voneinander nur sehr geringe Schwankungen aufweisen. Ein gutes Beispiel hierfür ist die **Anordnung von Muskelfaserproteinen** (Aktin- und Myosinfilamenten) in quergestreifter Muskulatur. Die Regelmäßigkeit der Skelettmuskelfaserquerstreifung wurde daher in älteren Studien als Größenmaßstab zur morphometrischen Vermessung von (biologischen) Strukturen, aber auch zur

Bestimmung von Schnittdicken transmissionselektronenmikroskopischer Ultradünnschnittpräparate verwendet [67, 68]. Unterschiedliche künstliche Standardobjekte wie z.B. Polystyrol-Latexkügelchen mit definierten Durchmessern, die zusammen mit den untersuchten Proben eingebettet und geschnitten wurden, sind in der Vergangenheit ebenfalls als Größenmaßstab und als Referenz zur Bestimmung von Schnittdicken verwendet worden. Aufgrund des hohen Aufwands ist diese Methode allerdings Einzelfällen vorbehalten und nicht für routine-Schnittdickenmessungen geeignet [14].

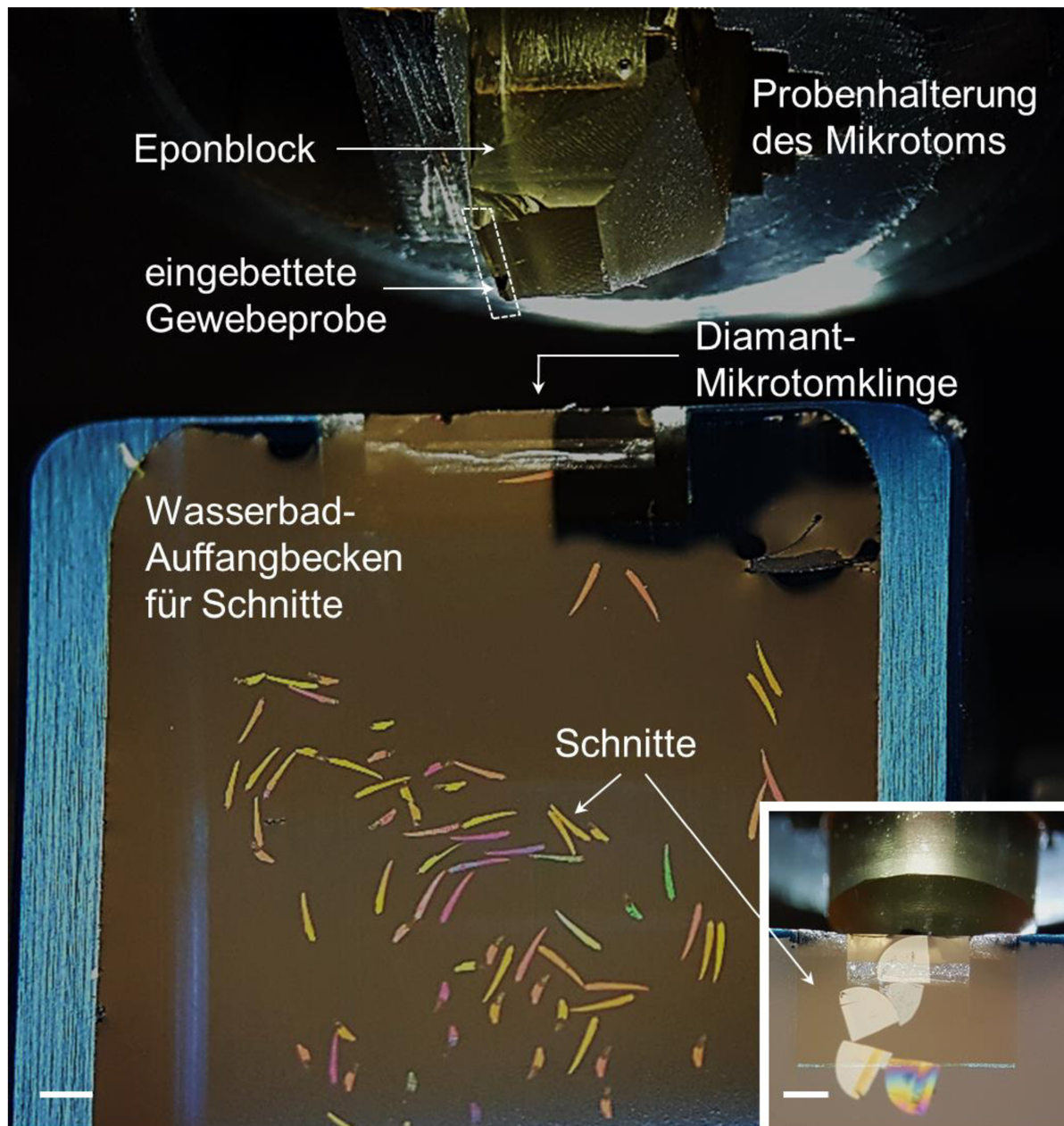
Bei **quantitativ-autoradiographischen Schnittdickenmessverfahren** wird die Radioaktivität von Schnittpräparaten gemessen, die von Blöcken geschnitten wurden, welche mit radioisotophaltigen Einbettungsmedien hergestellt wurden. Williams und Meek verwendeten in ihrer Studie aus dem Jahre 1966 beispielsweise ein radioaktives Schwefelisotop ( $S^{35}$ ), das den zur Blockherstellung verwendeten Einbettungsmedien (Methacrylat und Araldit) in bekannter Menge beigegeben wurde [60]. Die Schnittpräparate, deren Dicke bestimmt werden sollte, wurden nach Bestimmung ihrer Fläche in definierten Lösungsmittelvolumina gelöst. Die Schnittdicken wurden dann aus der in den Proben gemessenen Radioaktivität, der Dichte des Einbettungsmediums und den Flächen der Schnitte errechnet. Individuelle Schnittdickenunterschiede einzelner Schnitte konnten auch mit autoradiographischen Messverfahren ermittelt werden. Hierzu wurden die (radioaktiven) Schnitte auf einen (Autoradiographie)-Film gelegt und dessen optische Dichte nach der Exposition und Entwicklung (mikro-)densitrometrisch bestimmt. Die Methode erwies sich innerhalb eines bestimmten Schnittdickenbereichs durchaus als präzise, wurde aber, aufgrund ihres Aufwands, ebenfalls als nicht praktikabel für routinemäßige Schnittdickenbestimmungen angesehen [14].

Eine elegante Methode zur Schnittdickenbestimmung besteht darin, die (von der Schnittdicke abhängige) „Lichtdurchlässigkeit“ eines im Schnitt befindlichen Referenz-Materials zu messen, das zusammen mit der biologischen Gewebeprobe eingebettet und geschnitten wurde [69]. Technisch bedingt besitzen der Schnitt und das im Schnitt befindliche (mitgeschnittene) Referenz-Material grundsätzlich die gleiche Dicke. Bei bekannter optischer Dichte des Referenzmaterials, kann die Dicke des Schnittes durch die im Schnittprofil des Referenzmaterials gemessene Lichtabsorption bestimmt werden.



Die **Lichtabsorption einer Referenzmaterialschiicht im Schnittpräparat** kann mit einem Mikrophotometer („scanning microscope photometry“) bestimmt werden. Als Referenzmaterial wurde in vergangenen (transmissionselektronen-mikroskopischen) Studien unter anderem belichteter Röntgenfilm (mit definiertem Schwärzegrad, d.h. definierter Konzentration an elementarem Silber) verwendet [69]. Die mit dieser Methode gemessenen Ultradünnschnittickenwerte waren proportional zu den mittels Mikrointerferometrie (siehe unten) ermittelten Schnittdickenwerten, die in den selben Schnittpräparaten (außerhalb der Anschnittsflächen der miteingebetteten Röntgenfilmstreifen) bestimmt wurden [69].

Die Schnittdicke von sehr dünnen Schnittpräparaten von in Kunststoffmedien eingebetteten Gewebeproben, die im Rahmen transmissionselektronen-mikroskopischer (TEM) Analysen angefertigt werden (Semidünnschnitte mit ~0,25 bis 1 µm Dicke und Ultradünnschnitte mit einer Dicke von etwa 50 bis 250 nm), kann mit Hilfe ihrer **Interferenzfarben** abgeschätzt werden [61, 63, 64, 68]. Die Interferenzfarben von Ultradünnschnitten von Kunststoffblöcken von Einbettungsmedien mit einem Refraktionsindex von etwa 1,5 (z.B. Epon, Epoxidharz, oder Methacrylat) beispielsweise variieren in Abhängigkeit von (einem Vielfachen) ihrer Schnittdicke von grau (<60 nm), über silbern (~60-80 nm) zu golden (~90-120 nm) und purpur-violett (~150-190 nm) bis blau (>200 nm) (siehe Abbildung 7 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertation und Abbildung 5). Bei der Anfertigung von TEM-Ultradünnschnitten vergleichbarer Dicke stellt die Beurteilung der Interferenzfarben der Schnitte traditionell eines der wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der Schnittdicke dar [64]. Das Verfahren ist auf verschiedene Einbettungsmedien anwendbar und gestattet geübten Personen eine Abschätzung der Schnittdicke von Ultradünnschnitten mit einer Genauigkeit von etwa 10nm. Allerdings hängt die (wahrgenommene) Interferenzfarbe eines betrachteten Schnittes auch vom individuell-subjektiven Empfinden des Beobachters und der verwendeten Lichtquelle ab [68].



**Abbildung 5. Unterschiedliche Interferenzfarben von Epon-Schnitten unterschiedlicher Dicke.** Das durch das Okular der Mikrotomoptik aufgenommene Bild zeigt Epon-Semidünnschnitte (großes Bild) und -Ultradünnschnitte (Bild im Bild) im Wasserbad des Schnittauffangbehälters des Ultramikrotoms, unmittelbar nach dem Schneiden des Epon-Blockes. Die Interferenzfarbe der Schnitte variiert in Abhängigkeit von ihren Dicken. Die längliche Form der Schnitte im großen Bild entspricht der länglichen Anschnittsfläche des Eponblocks (gestrichelte weiße Linie) um die eingebettete Gewebeprobe herum. Das Bild-im-Bild zeigt viertelkreisförmige Ultradünnschnitte. Maßstab = 1 mm. Abbildungen mit freundlicher Genehmigung von Dr. A. Parzefall, 2019.

In der Vergangenheit wurden häufig auch (Mikro)-Interferometer zur technischen Messung der Schnittdicken [70] von TEM-Ultradünnschnitten angewendet [14]. Das Prinzip der Interferometrie bzw. der **interferometrischen Schnittdickenmessung** beruht allgemein darauf, einen Lichtstrahl bekannter Wellenlänge zu teilen, auf getrennten Wegen weiterzuleiten und schließlich wieder zu einem gemeinsamen Lichtstrahl zu vereinen. Am Punkt, an dem die beiden Lichtstrahlen wiedervereint

werden, tritt eine Phasenverschiebung („*optical path difference*“, OPD) auf, die durch eine unterschiedliche Länge der Wegstrecken, die die getrennten Lichtstrahlen zurückgelegt haben, verursacht wird. Solch ein Wegstreckenunterschied kann beispielsweise durch ein transparentes, lichtbrechendes Objekt (wie einen Epon-Schnitt) verursacht werden, dass sich im Strahlengang eines der getrennten Lichtstrahlen befindet. Die gemessene Intensität des wiedervereinten Lichtstrahls ist dann von der Wellenlänge des Lichts und der Phasenverschiebung (OPD) abhängig, welche ihrerseits von der Dicke des durchstrahlten Objektes und den Brechungsindices des Objektes und des umgebenden Mediums (z.B. Luft) abhängt. Bei bekannter Wellenlänge des verwendeten Lichts und bekannten Brechungsindices des untersuchten Materials und des umgebenden Mediums bei dieser Wellenlänge kann die Dicke einer Materialschicht aus der gemessenen OPD bestimmt werden [14]. Die in verschiedenen Studien in den 50er bis 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts zur Schnittdickenmessung verwendeten (Mikro)-Interferometer und Interferenzmikroskope erlaubten eine exakte (Ultradünn)-Schnittdickenbestimmung, allerdings unter beträchtlichem apparativem Aufwand und mit z.T. deutlichen systematischen Abweichungen der Messergebnisse bei Verwendung unterschiedlicher Geräte. Auch das Vorhandensein von eingebettetem Gewebe an der Stelle des Schnitts, an der die Dickenmessung durchgeführt wird, kann das Messergebnis erheblich verfälschen [14].

1958 beschrieb Peachey die Verwendung eines Ellipsometers zur präzisen Bestimmung der Schnittdicken von TEM-Präparaten [61]. Bei der **ellipsometrischen Schnittdickenbestimmung** wird die Schnittoberfläche in schiefem Winkel mit Licht beleuchtet, das in bestimmter Orientierung polarisiert ist. Die Reflexion des Lichts an der Schnittober- und unterseite bewirkt eine elliptische Polarisation des reflektierten Lichts. Die Schnittdicke kann aus den gemessenen (von den Dicken der untersuchten Schnitte abhängenden) Phasen- und Amplitudenverhältnissen des elliptisch polarisierten Lichts errechnet werden.

Eine weitere einfache Methode zur Bestimmung der Dicke transmissionselektronenmikroskopischer Ultradünnschnittpräparate, die direkt während der Untersuchung der Schnitte am Elektronenmikroskop durchgeführt werden kann, ist die „**Elektronen-Streuungs-Methode**“ („*electron scattering method*“) [14, 71, 72]. Hierbei wird die Streuung der Elektronen des Elektronenstrahls des Elektronenmikroskops beim Durchgang durch das Schnittpräparat gemessen und das Ergebnis mit einer Standard-

Testkurve verglichen. Eine solche Standard-Testkurve gibt die relative Elektronenstreuung (Transmission), die bei gegebener Kathodenspannung bei Durchstrahlung von Schnitten eines definierten Einbettungsmediums auftritt für verschiedene Schnittdicken an. Das Ausmaß der Elektronenstreuung, die bei der Durchstrahlung einer bestimmten Stelle des Schnitts auftritt, kann einfach mit der Belichtungsmessfunktion des Elektronenmikroskops als Änderung des Elektronenstroms auf dem Bildschirm erfasst werden. Die zur Erstellung der Standardkurve notwendigen Standard(schnittdicken)werte müssen mit einer anderen akkuraten Schnittdickenmessmethode ermittelt werden. Natürlich besitzt eine Standardkurve lediglich für ein bestimmtes Einbettungsmedium, einen bestimmten Schnittdickenbereich, eine definierte Kathodenspannung und bestimmte individuelle Geräteeinstellungen (Blenden) Gültigkeit. Die Messungen müssen zudem selbstverständlich in Bereichen des Schnitts durchgeführt werden, die kein Gewebe enthalten (beispielsweise in Anschnitten von Blutgefäßlichtungen), um eine Verfälschung der Messergebnisse durch Elektronenstreuung an Gewebekomponenten innerhalb des Schnittpräparats auszuschließen [14]. Die Messungen sollten außerdem zügig und in vergleichbarem Tempo durchgeführt werden, da sich die Dicke des Schnitts an der Messstelle bei längerer Exposition im Elektronenstrahl ändern kann, insbesondere bei höheren Vergrößerungen [73]. Nach Erstellung der Standardkurve gestattet die Elektronen-Streuungs-Methode eine zügige Durchführung von Schnittdickenmessungen und liefert reproduzierbar präzise Ergebnisse [14]. Technisch ist das Verfahren aber auf Schnittdickenmessungen transmissions-elektronenmikroskopischer Ultradünnschnittpräparate beschränkt.

In einer 1988 von De Groot veröffentlichten Arbeit [14] wurden verschiedene Verfahren zur Schnittdickenbestimmung von Ultradünnschnittpräparaten verglichen (Mikrointerferometrie, „Kleine-Falten“-Technik, „Elektronen-Streuungs-Methode“, und die im Folgenden beschriebene Methode der „orthogonalen Wiedereinbettung“). Präzise Ultradünnschnittdickenmessergebnisse konnten mit der „Kleine-Falten“-Technik, der „Elektronen-Streuungs-Methode“, und einem der getesteten Mikrointerferometer, bei jeweils entsprechend unterschiedlichem Geräte-, Material- und Zeitaufwand, erhalten werden. Die Arbeit von De Groot enthält außerdem eine übersichtliche tabellarische Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der bis dahin gebräuchlichsten Verfahren zur Dickenbestimmung von elektronenmikroskopischen Schnittpräparaten [14].

In einer früheren Studie hatten Yang und Shea [17] auch mit der Methode der orthogonalen Wiedereinbettung Ultradünnschnittdickenmessergebnisse erhalten, die präzise mit den Ergebnissen entsprechender mikointerferometrischer Schnittdickenmessungen übereinstimmten [17].

Eine der am weitesten verbreiteten konventionellen Techniken zur Bestimmung der individuellen Dicken licht- und elektronenmikroskopischer Schnittpräparate ist die sogenannte „**Orthogonale Wiedereinbettungs (OWE)-Methode**“ [14-17, 68, 74, 75]. Das Prinzip der OWE-Methode ist simpel und schematisch in Abbildung 3 der publizierten Originalarbeit [18] zur vorliegenden Dissertationsschrift illustriert. Der Schnitt, dessen Dicke gemessen werden soll wird ein zweites Mal in ein geeignetes histologisches (Kunststoff)-Einbettungsmedium eingebettet, und zwar vertikal zu seiner ursprünglichen Orientierung. Wird der Block mit dem (orthogonal) wiedereingebetteten Schnitt geschnitten, entsteht ein histologisches Schnittpräparat, das einen Vertikalschnitt des ursprünglichen Schnittes darstellt. Im Idealfall weist dieser Vertikalschnitt also eine Orientierung von 90° (orthogonal) zur ursprünglichen Schnittebenenorientierung des wiedereingebetteten Schnittes auf. Die Dicke des wiedereingebetteten Schnittes kann dann in seinem Vertikalschnitt gemessen werden, als kürzester Abstand zwischen seiner Ober- und Unterseite. Die Auswahl der Stellen, an denen die Dicke des OWE-Schnittes gemessen wird, wird (systematisch) zufällig bestimmt, um die Repräsentativität der ausgewählten Messstellen für den ganzen untersuchten Schnitt zu gewährleisten. In physikalischen Disektoranalysen werden oft Semidünnschnitte mit etwa 0,25 bis 1 µm Dicke und andere histologische (Kunststoff)-Schnittpräparate mit Dicken bis etwa 3 µm verwendet [9-11, 13, 48, 54]. Aufgrund dieser verhältnismäßig geringen Schnittdicken müssen die entsprechend angefertigten OWE-Vertikalschnitte dieser Schnitte in hohen Vergrößerungen aufgenommen und vermessen werden. Dies bedeutet entweder die Verwendung von Ölimmersions-objektiven (630-1000x) bei lichtmikroskopischen Analysen, oder die Anfertigung von für transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen geeigneten Ultra-dünnschnittpräparaten der OWE-Schnitte. Die Herstellung von OWE-Schnitten und ihre Vermessung ist also generell mit einem erheblichem Arbeits-, und damit auch Zeit-Aufwand verbunden [14]. Als weiterer Nachteil der OWE-Methode gilt, dass die orthogonal wiedereingebetteten Schnitte in der Regel nicht dieselben sind, die in der Disektoranalyse als Such- oder Referenzschnitt verwendet werden. Aus praktischen Gründen wird die Schnittdickenmessung mit der OWE-Methode an den

Schnitten einer Schnittserie durchgeführt, die nicht für die Disektoranalyse(n) verwendet werden [9, 10, 13]. Die Übertragbarkeit des gemessenen Schnittdickenwerts auf alle übrigen Schnitte der Serie hängt also wieder von der Wiederholgenauigkeit des Mikrotoms ab, Schnitte gleichbleibender Dicke zu produzieren. Eine OWE-Bestimmung der Dicke desselben Schnittes der auch als Disektorschnitt analysiert wird, ist (nur) möglich, wenn der ursprüngliche Schnitt geteilt wird. Eine Hälfte des Schnittes wird auf einen Objektträger gezogen, gefärbt und in der Disektoranalyse untersucht, während die zweite Hälfte des Schnittes zur OWE-Schnittdickenmessung verwendet wird. Dieses Vorgehen ist aufgrund der Materialeigenschaften der verwendeten Einbettungsmedien und der gewöhnlich kleinen Größen der untersuchten Gewebeproben und (Kunststoff)-Blöcke relativ kompliziert und unpraktisch. Das Zerteilen der Kunststoffschnitte auf dem Streckbad ist technisch schwierig und misslingt bei einem gewissen Anteil der Schnitte, wobei diese zerstört bzw. für weitere Analysen unbrauchbar werden. Wird nun einer der empfindlichen Schnitte beim Teilen zerstört/unbrauchbar, muss unter Umständen die gesamte Schnittserie der Probe wiederholt werden, da bei physikalischen Disektoranalysen für die zufällige Auswahl der Disektorschnittpaare aus der Schnittserie prinzipiell zunächst vollständige Schnittserien benötigt werden.

Als weiterer Nachteil der OWE-Methode muss die Verfälschung des Dickenmessergebnisses durch die Möglichkeit einer (unbeabsichtigten) **Schiefeinbettung der OWE-Schnitte** bedacht werden, die bei der visuellen Begutachtung des vermeintlich orthogonal wiedereingebetteten Schnitts unter Umständen nicht auffällt [18, 68]. Das Ausmaß einer (unbeabsichtigt) nicht vertikalen Wiedereinbettung und der daraus resultierenden Vermessung einer nicht vertikalen Anschnittsebene des OWE-Schnitts kann das Ergebnis der Schnittdickenbestimmung erheblich verfälschen. Wenn ein Schnitt mit einer wahren Schnittdicke von  $0,5\ \mu\text{m}$  mit einer  $35^\circ$  Abweichung von der Orthogonalen wiedereingebettet (und geschnitten) wird, so resultiert daraus eine in seinem vermeintlichen Vertikalschnitt gemessene (scheinbare) Dicke von  $0,6\ \mu\text{m}$  (ohne Berücksichtigung der Überprojektion, siehe unten). Dieser Fehler bedeutet eine 20%ige Abweichung des gemessenen von der tatsächlichen Schnittdicke und damit auch eine entsprechende Verfälschung der mit diesem Schnittdickenwert errechneten Disektorvolumina. Bei einer  $45^\circ$  Einbettung des Schnittes (anstelle  $90^\circ$ ), beträgt der Fehler sogar 40% der tatsächlichen Schnittdicke ( $0,7$  anstatt  $0,5\ \mu\text{m}$ ) [18]. Die Verfälschung der Messergebnisse durch eine

(unbeabsichtigte) Schrägeinbettung von Schnitten bei der OWE-Methode zur Schnittdickenbestimmung ist in Abbildung 5 der Originalarbeit [18] dargestellt.

Beim OWE-Verfahren wird die Abweichung der gemessenen Schnittdicke eines schief wiedereingebetteten (bzw. angeschnittenen) OWE-Schnitts von seiner tatsächlichen Dicke zusätzlich durch **Überprojektion** beeinflusst, welche insbesondere bei dicken Vertikalschnittpräparaten verstärkt auftritt [6]. Der Überprojektionseffekt ist in Abbildung 4 der Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18] sowie in Abbildung 11 (Abschnitt V.2) schematisch illustriert und im Folgenden erläutert: Vertikalschnitte, die zur Schnittdickenmessung vom OWE-Schnitt angefertigt werden, besitzen selbst eine bestimmte Dicke, d.h. diese Schnitte sind nicht unendlich dünn. Die Dicke der Vertikalschnittpräparate die von in Epon wieder-eingebetteten OWE-Schnitten angefertigt werden liegt gewöhnlicher Weise bei etwa  $0,5\ \mu\text{m}$  (Semidünnschnitte für lichtmikroskopische Analysen) bzw. bei etwa  $70\ \text{nm}$  (Ultradünnschnitte für TEM-Analysen). Sowohl die Oberseite als auch die Unterseite des Vertikalschnitts bilden damit jeweils eine eigene Schnittebene mit dem OWE-Schnitt. Geometriebedingt sind die orthogonalen Projektionen dieser oberen und unteren vertikalen Anschnittsprofile des OWE-Schnitts auf die Betrachtungsebene des Vertikalschnitts nur dann deckungsgleich, wenn die OWE-Schnittebene exakt orthogonal zur Schnittebene des Vertikalschnitts orientiert ist. Bei einem schief eingebetteten OWE-Schnitt hingegen, also bei einer nicht rechtwinkligen Orientierung der OWE- zur Vertikalschnittebene, sind diese Projektionen jedoch gegeneinander verschoben und „überlappen“. Diese „Überprojektion“ führt dazu, dass die im Vertikalschnitt eines schief eingebetteten OWE-Schnitts gemessene Schnittdicke stets grösser ist, als sie es aufgrund der Schiefeinbettung allein (in einem unendlich dünnen Vertikalschnitt) wäre.

Das Ausmaß der Überprojektion auf die Abweichung der gemessenen von der wahren Schnittdicke eines (schief wieder-eingebetteten) OWE-Schnitts, ist neben dem tatsächlichen Einbettungswinkel des OWE-Schnitts auch von der Schnittdicke des analysierten Vertikalschnittpräparats abhängig. Mit zunehmender Vertikalschnittdicke steigt auch das Ausmaß der Überprojektion. Nur bei exakt orthogonaler Orientierung der OWE-Schnittebene und der Vertikalschnittebene tritt keine Überprojektion auf. In diesem Fall spielt dann auch die Dicke des Vertikalschnittes selbst keine Rolle.

Der Effekt der Schrägeinbettung von Schnitten bei der OWE-Methode zur Schnittdickenbestimmung bzw. der Effekt der Überprojektion die bei dicken

Schnittpräparaten von schief eingebetteten OWE-Schnitten auftritt, war bislang nicht Gegenstand eigens hierzu durchgeführter umfangreicher Untersuchungen. In der quantitativen Stereologie spielen Überprojektionseffekte jedoch bei zahlreichen anderen Analysen eine wichtige Rolle, z.B. bei der Berechnung der Volumina ganzer Organe aus den Flächeninhalten der Anschnittprofile des vollständig in äquidistante, parallele Schnitte lamellierten Organs (Cavalieri-Prinzip) [3, 40], oder bei der Bestimmung von Anschnittprofilflächen von Gewebe/Zellstrukturen in histologischen bzw. elektronenmikroskopischen Schnitten. Generell kann das Problem der Überprojektion nur durch Verwendung möglichst dünner Schnitte adressiert werden [6].

### **III.5 Reflektometrische Dünnschichtmessung**

Die Dicke dünner Schichten (semi-)transparenter Materialien, wie beispielsweise Leiterbahnen auf elektronischen Schaltungen, Verspiegelungen optischer Linsen oder Lackschichten kann mit Hilfe sogenannter reflektometrischer Schichtdickenmessverfahren berührungsfrei bestimmt werden [22, 76-80]. Hierbei werden eine, oder mehrere, auf ein Trägermaterial (Substrat) aufgebrachte dünne Materialschichten (Filme, Dünnschichten von  $<1\text{ nm}$  bis etwa  $100\text{ }\mu\text{m}$  Dicke) mit Licht aus einer definierten Lichtquelle durchleuchtet. Die beim Durchgang des Lichtes durch die entsprechenden Materialschichten an den Grenzflächen dieser Schichten auftretenden Lichtreflexionen werden detektiert und zur Bestimmung der Dicke der analysierten Materialschicht(en) verwendet [70]. Reflektometrische Schichtdickenmessverfahren nutzen hierzu, ähnlich wie das im vorangegangenen Abschnitt beschriebene optische Verfahren der Ellipsometrie, grundlegende physikalische Gesetzmäßigkeiten der Reflexion von Licht an Grenzflächen aneinander angrenzender Materialschichten und ihre Abhängigkeit von spezifischen Eigenschaften des Lichtes (Wellenlänge, Lichtgeschwindigkeit) und der untersuchten Materialschicht(en) (Brechungsindex, Extinktionskoeffizient). Während bei der Ellipsometrie die Reflexionen unterschiedlich polarisierten Lichts gemessen werden, welches in einem schrägen Winkel auf die Oberfläche der untersuchten Dünnschicht trifft, beruht das Verfahren der spektralen Reflektometrie auf der Messung der Reflexionen von Licht verschiedener Wellenlängenbereiche, das senkrecht auf die Oberfläche der analysierten Materialschicht gerichtet ist. Im folgenden Abschnitt wird das Prinzip der spektralen Reflektometrie vereinfacht erläutert und in den Abbildungen 6-9 schematisch illustriert. Auf eine vollständige Darstellung der theoretischen mathematisch-physikalischen Grundlagen der



spektralen Reflektometrie wird verzichtet, der interessierte Leser sei hierzu auf Standardwerke der optischen Physik [81] und Metrologie [82] sowie einschlägige publizierte Studien und Übersichtsarbeiten verwiesen [83-85].

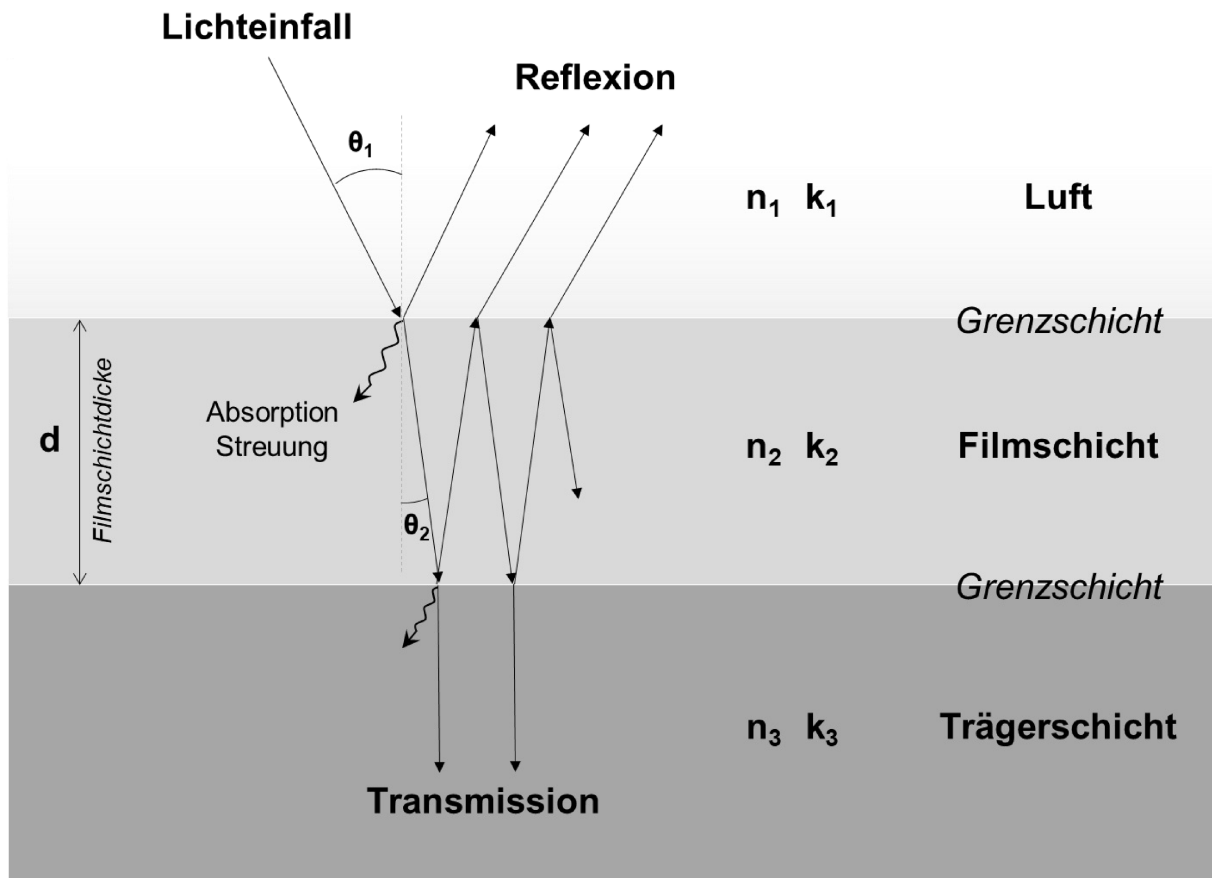
Neben der **Wellenlänge des Lichts ( $\lambda$ )** beschreiben zwei optische Konstanten, der **Brechungsindex ( $n$ )** und der **Extinktionskoeffizient ( $k$ )**, wie sich Licht durch eine dünne Materialschicht fortbewegt. Licht besitzt in unterschiedlichen Materialien unterschiedliche Ausbreitungsgeschwindigkeiten. Der Brechungsindex gibt das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zur Lichtgeschwindigkeit im betreffenden Material an. Hierbei ist zu beachten, dass der Brechungsindex eines Materials auch von der Wellenlänge des Lichts abhängig ist [86]. Der Extinktionskoeffizient beschreibt die durch Absorption und Streuung bedingte Schwächung des Lichts beim Durchgang durch ein bestimmtes Medium. Er ist neben dem jeweiligen Material auch von der Wellenlänge des Lichts und von der Temperatur abhängig [86]. Für Luft beispielsweise beträgt der Brechungsindex unter Normalbedingungen näherungsweise  $n_{\text{Luft}} = 1$  und der Extinktionskoeffizient  $k_{\text{Luft}} = 0$ . Quarzglas (N-BK7 Schottglas) besitzt (bei 587,6 nm Wellenlänge) einen Brechungsindex von etwa  $n = 1,5168$  und einen Extinktionskoeffizienten von etwa  $k = 9,7525 \cdot 10^{-9}$  [87].

Trifft Licht auf die Grenzfläche zweier Materialien mit verschiedenen Brechungsindices, so wird ein Teil des Lichts reflektiert (Abbildung 6). Die **Reflexion** ( $R$ ) wird als Quotient der gemessenen Intensität des reflektierten Lichtanteils an der Intensität des einfallenden Lichts (als dimensionsloser Anteil oder in %) angegeben. Bei unvollständiger Reflexion durchdringt ein Teil des einfallenden Lichts die Grenzfläche und setzt sich in der zweiten Materialschicht fort. Dieses, als **Transmission** bezeichnete, Licht breitet sich in der zweiten Materialschicht mit einer ihrem Brechungsindex entsprechenden, veränderten Geschwindigkeit aus und ändert dadurch seine Richtung (Brechungswinkel,  $\theta$ ). Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Lichtreflexion werden durch das Snelliussche Brechungsgesetz (Willebrord Snell, 1591–1626) beschrieben (Gleichung 2.1, Abbildung 6), welches besagt, dass das Verhältnis der Sinuswerte des Einfalls- und des Reflexions-(Ausfalls-)Winkels des Lichts dem Verhältnis der Lichtausbreitungsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Medien und dem Kehrwert des Verhältnis ihrer Brechungsindices entspricht.

## Gleichung 2.1. Snelliussches Brechungsgesetz

$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = v_1 / v_2 = n_2 / n_1$$

$\theta_1$	Einfallswinkel, gemessen von der Orthogonalen zur Grenzschichtoberfläche
$\theta_2$	Brechungswinkel, gemessen von der Orthogonalen zur Grenzschichtoberfläche
$v_1, v_2$	Lichtgeschwindigkeit in Medium 1 bzw. Medium 2
$n_1, n_2$	Brechungsindex von Medium 1 bzw. Medium 2



**Abbildung 6. Schematische Darstellung der Lichtreflexionen an den Grenzflächen einer dünnen Filmschicht auf einer Trägerschicht.** Dicke der Filmschicht ( $d$ ); Lichteinfallswinkel ( $\theta_1$ ); Brechungswinkel ( $\theta_2$ ); Brechungsindices ( $n$ ) und Extinktionskoeffizienten ( $k$ ) der verschiedenen Schichten (Luft, Filmschicht, Trägerschicht). Das Licht trifft auf die erste Grenzfläche zwischen Luft und der Filmschicht und wird hier teilweise reflektiert, teils gebrochen und führt seinen Weg als transmittierter Anteil durch die Filmschicht fort, bis es auf die zweite Grenzfläche zwischen Film und Substrat trifft, wo es wieder teilweise reflektiert wird. Der reflektierte Anteil durchdringt nun erneut die Filmschicht (in umgekehrter Richtung) und trifft wieder auf die obere Grenzfläche (Film/Luft) wo das Licht wieder partiell reflektiert wird bzw. die Grenzschicht durchdringt und dabei gebrochen wird. Dieser Vorgang wiederholt sich unendlich oft. Abbildungen: Cyrill Matenaers, 2020.

Das Ausmaß der an einer Grenzschicht auftretenden Reflexion hängt neben dem Einfallswinkel des Lichts und seiner Wellenlänge von den Brechungsindices und den Extinktionskoeffizienten der Materialschichten ab, die die Grenzfläche bilden [86]. Bei **senkrechtem Einfall sichtbaren Lichts auf eine Grenzschicht zwischen Luft und einer Filmschicht eines anderen transparenten Materials** errechnet sich die

Reflexion als Quadrat des Quotienten aus der Differenz und der Summe der Brechungsindices der Luft ( $n = 0$ ) und des Dünnschichtmaterials (Fresnel'sche Formel, Gleichung 2.2) [88].

**Gleichung 2.2 Fresnel'sche Formel** (Reflexion bei senkrechtem Lichteinfall:  $\theta = 0^\circ$ )

$$R = ((n_1 - n_2) / (n_1 + n_2))^2$$

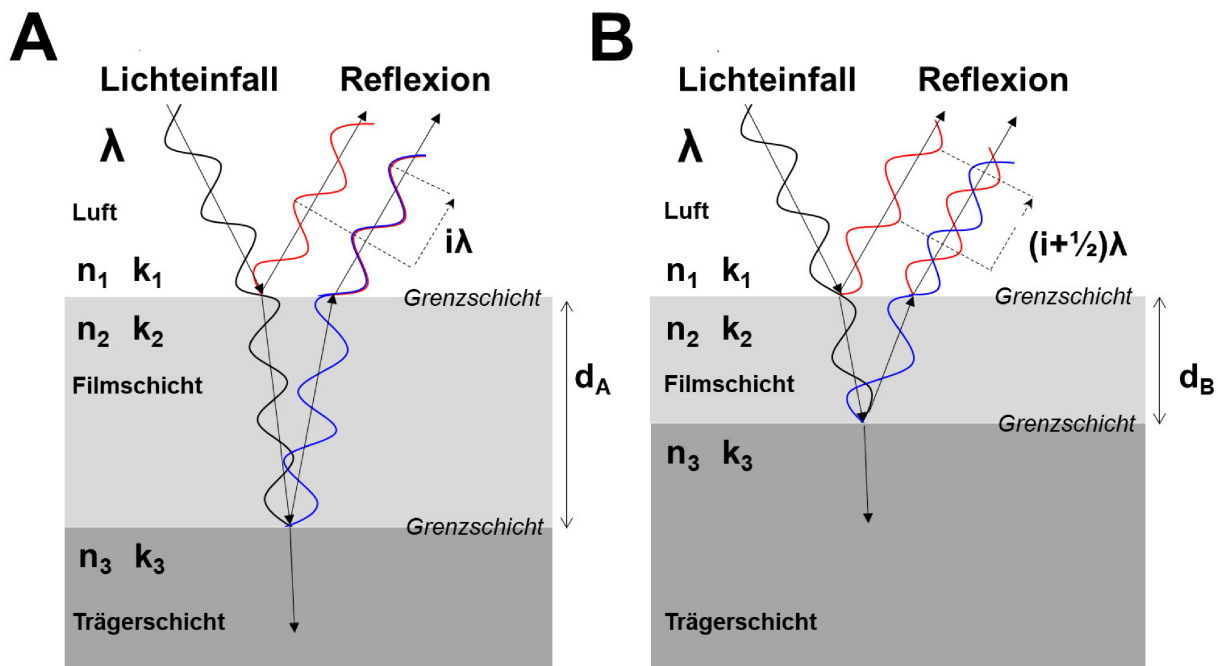
**R** Reflexion bei senkrechtem Lichteinfall an einer Luft-(Dünn)filmschicht-Grenzfläche

**$n_1, n_2$**  Brechungsindices der Materialien 1 (Luft) und 2 (Filmschicht), die die Grenzschicht bilden

Fällt also beispielsweise sichtbares Licht einer definierten Wellenlänge (hier: 587,6 nm) senkrecht auf eine Grenzfläche zwischen Luft ( $n = 1$ ) und Quarzglas (N-BK7 Schottglas mit einem Brechungsindex von  $n = 1,52$ ), dann wird  $R = ((1 - 1,52) / (1 + 1,52))^2 = 0,042 = 4,2\%$  der Intensität des einfallenden Lichts reflektiert.

Wenn Licht einer bestimmten Wellenlänge nun eine auf einem Trägermaterial aufgebrachte Filmschicht durchdringt, z.B. einen auf einem Glasobjektträger aufgezogenen Epon-Schnitt, so treten dabei Reflexionen an mehreren Grenzschichten (Luft-Filmschicht, Filmschicht-Trägermaterial) auf (Abb. 6). Die spektrometrisch gemessene Intensität des gesamten reflektierten Anteils des einfallenden Lichts ergibt sich dementsprechend aus den Teilreflexionen, die an beiden Grenzflächen auftreten. Weil der an der Unterseite der Filmschicht reflektierte Anteil des Lichts eine längere Wegstrecke zurücklegt, als der Anteil des Lichts, der direkt von der oberen Grenzfläche reflektiert wird, kann eine Phasenverschiebung zwischen beiden reflektierten Lichtanteilen auftreten. Das Ausmaß der Phasenverschiebung beider Reflexionen hängt (unter der Voraussetzung einer ebenmäßig glatten Grenzfläche bei gegebenen Brechungsindex der Filmschicht, gegebener Wellenlänge des Lichts und bekanntem Lichteinfallswinkel) von der Dicke der Filmschicht ab. Abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den an den beiden Grenzflächen einer Filmschicht reflektierten Lichtanteilen können sich deren Intensitäten gegenseitig verstärken, oder abschwächen (Interferenz) und damit zu einer verstärkten oder verringerten detektierten Intensität des gesamten reflektierten Lichts führen. Entspricht die Phasenverschiebung einem ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge des Lichts, so summieren sich die Intensitäten beider Reflexionen (Phasengleichheit). Bei senkrecht auf eine transparente Filmschicht treffendes Licht ist dies der Fall, wenn das Produkt aus Brechungsindex ( $n$ ) und dem zweifachen der Filmschichtdicke  $d$  (das von der Unterseite der Filmschicht reflektierte Licht durchquert die Filmschicht zweimal) einem

ganzzahligem Vielfachen ( $i$ ) der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts entspricht ( $2nd = i\lambda$ ). Falls das Produkt aus Brechungsindex ( $n$ ) und dem zweifachen der Filmschichtdicke ( $d$ ) sich jedoch um eine halbes der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts von diesem Zustand unterscheidet ( $2nd = (i+\frac{1}{2})\lambda$ ), so subtrahieren sich die Intensitäten der beiden Anteile der Gesamtreflexion entsprechend (Abbildung 7).



**Abbildung 7. Schematische Darstellung der Phasenverschiebungen der Lichtreflexionen an den Grenzflächen einer dünnen Filmschicht in Abhängigkeit der Filmschichtdicke (bei gleicher Wellenlänge des einfallenden Lichts).** Aus illustratorischen Gründen sind schräge Lichteinfallswinkel bzw. Reflexionswinkel dargestellt (spektral-reflektometrische Verfahren messen Reflexionen bei senkrechtem Lichteinfall). In **A** und **B** sind Filmschichten des gleichen Materials mit unterschiedlichen Dicken ( $d_A$ ,  $d_B$ ) dargestellt. Die Wellenlänge des einfallenden Lichts ( $\lambda$ ) sowie die Brechungsindizes ( $n$ ) und Extinktionskoeffizienten ( $k$ ) der Filmschicht und Trägerschichten unterscheiden sich nicht. Die Richtungen des Lichteinfalls und der Reflexionen sind durch Pfeile angezeigt. Amplituden und Wellenlängen des einfallenden und transmittierten (schwarz) und reflektierten (rot, blau) Lichts sind durch verschieden farbige Wellen illustriert. In **A** beträgt der Wegstreckenunterschied, den das von der unteren Grenzfläche der Filmschicht reflektierte Licht (blaue Welle) im Vergleich zu dem von der Oberseite der Filmschicht reflektierten Licht (rote Welle) zurücklegt ein geradzahliges Vielfaches ( $i$ ) der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts. Die auftretende Phasenverschiebung beider Wellen führt zu einer kongruenten Überlappung der Wellen und damit zu einer additiven Verstärkung der Intensität der Gesamtreflexion. In **B** beträgt der Wegstreckenunterschied, den das von der unteren Grenzfläche der dünneren Filmschicht reflektierte Licht im Vergleich zu dem von seiner Oberseite reflektierten Licht zurücklegt, hingegen ein um die Hälfte der Wellenlänge unterschiedliches geradzahliges Vielfaches ( $i+\frac{1}{2}$ ) der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts. Die auftretende Phasenverschiebung führt zu einer subtraktiven Verringerung der gemessenen Intensität des gesamten reflektierten Lichts. Abbildungen: Cyrill Matenaers, 2020.

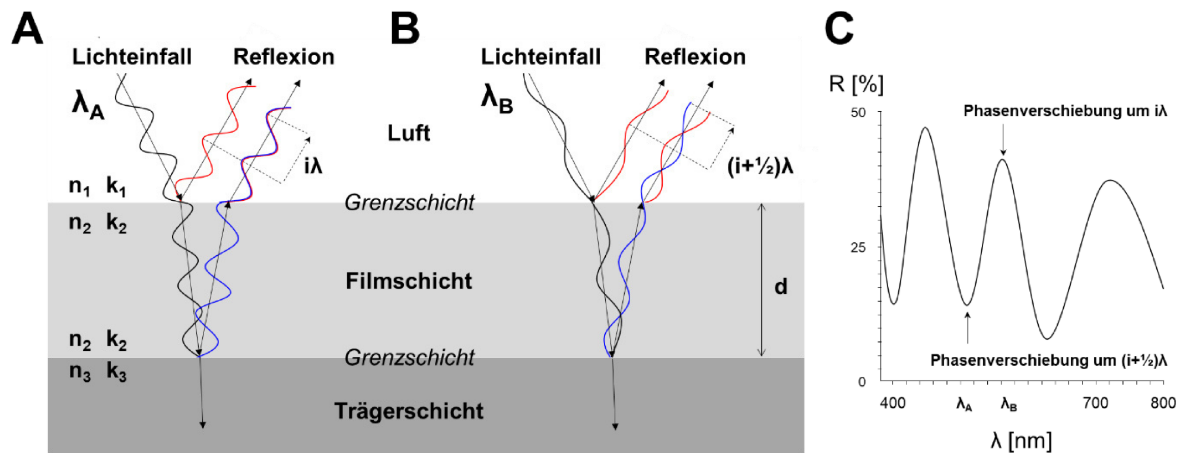
In Zusammenfassung dieser Beziehungen kann die Reflexion (R) wie in Gleichung 2.3 dargestellt aus dem Brechungsindex (n) und der Dicke (d) der Filmschicht sowie der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts unter Zuhilfenahme experimentell ermittelter Sellmeier-Koeffizienten, welche die funktionelle Abhängigkeit des Brechungsindex eines lichtdurchlässigen Mediums von der Wellenlänge des Lichts beschreiben [86, 89, 90], errechnet werden. Die Sellmeier-Koeffizienten verschiedener optischer Filmschichtmaterialien finden sich in Lehrbüchern der optischen Physik [91, 92] bzw. in online-Datenbanken [90].

### **Gleichung 2.3.**

$$R = A + B \cos(4\pi\lambda^2nd)$$

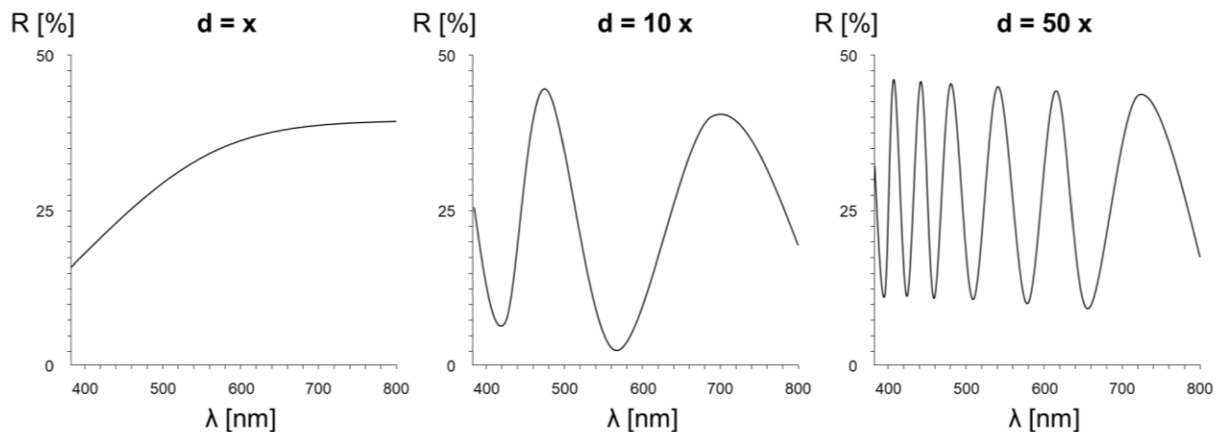
<b>R</b>	Reflexion
<b>A</b>	Näherung des Beitrags der Absorption in kurzen Wellenlängenbereichen zum Brechungsindex des Filmschichtmaterials bei längeren Wellenlängen
<b>B</b>	Sellmeier-Koeffizienten des Filmschichtmaterials in einem definierten Wellenlängenbereich
<b><math>\lambda</math></b>	Wellenlänge des einfallenden Lichts
<b>n</b>	Brechungsindex des Filmschichtmaterials
<b>d</b>	Dicke der Filmschicht

Zur reflektometrischen Bestimmung der (unbekannten) Schichtdicke einer Filmschicht eines Materials mit bekanntem Brechungsindex auf einem Trägermaterial mit bekanntem Brechungsindex (und approximativ bekannter Dicke) werden die Reflexionen senkrecht auf die Filmschichtoberfläche treffenden Lichts in verschiedenen Wellenlängen spektrometrisch gemessen. Je nach Dicke der Filmschicht, Brechungsindex und Extinktionskoeffizient der Filmschicht und der Trägerschicht resultiert ein Reflexionsspektrum mit charakteristischen Oszillationen der gemessenen (Gesamt)-Reflexionen, deren Amplituden periodisch um den Wert  $1/\lambda$  variieren (Abbildung 8).



**Abbildung 8. Schematische Darstellung der Phasenverschiebungen der Lichtreflexionen an den Grenzflächen einer dünnen Filmschicht in Abhängigkeit von der Wellenlänge des einfallenden Lichts (bei gleicher Filmschichtdicke).** Aus illustratorischen Gründen sind schräge Lichteinfallswinkel bzw. Reflexionswinkel dargestellt (spektral-reflektometrische Verfahren messen Reflexionen bei senkrechtem Lichteinfall). In **A** und **B** sind die an einer Filmschicht auftretenden Reflexionen bei unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_A$  und  $\lambda_B$ ) des einfallenden Lichts gezeigt. Die Film- und Trägerschichten in A und B sind identisch, d.h. bestehen aus denselben Materialien mit den selben Brechungsindizes ( $n$ ) und Extinktionskoeffizienten ( $k$ ) und besitzen dieselbe Dicke ( $d$ ). Die Richtungen des Lichteinfalls und der Reflexionen sind durch Pfeile angezeigt. Amplituden und Wellenlängen des einfallenden und transmittierten (schwarz) und reflektierten (rot, blau) Lichts sind durch verschieden farbige Wellen illustriert. In **A** beträgt der Wegstreckenunterschied, den das von der unteren Grenzfläche der Filmschicht reflektierte Licht (blaue Welle) im Vergleich zu dem von der Oberseite der Filmschicht reflektierten Licht (rote Welle) zurücklegt ein geradzahliges Vielfaches ( $i$ ) der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts. Die auftretende Phasenverschiebung beider Wellen führt zu einer kongruenten Überlagerung der Wellen und damit zu einer additiven Verstärkung der Intensität der Gesamtreflexion. In **B** beträgt der Wegstreckenunterschied, den das von der unteren Grenzfläche der Filmschicht reflektierte langwelligere Licht im Vergleich zu dem von seiner Oberseite reflektierten Licht zurücklegt, hingegen ein um die Hälfte der Wellenlänge unterschiedliches geradzahliges Vielfaches ( $i+\frac{1}{2}$ ) der Wellenlänge ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts. Die auftretende Phasenverschiebung führt zu einer subtraktiven Verringerung der gemessenen Intensität des gesamten reflektierten Lichts. **C:** Fiktives Reflexionsspektrum der Filmschicht über den Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts. Das Spektrum zeigt ein, charakteristisches Oszillationsmuster, das durch die Phasenverschiebungen bei verschiedenen Wellenlängen des einfallenden Lichts bedingt ist. Abbildungen: Cyrill Matenaers, 2020.

Die Reflexionsspektren dickerer Filmschichten weisen in einem gegebenen Wellenlängenbereich höhere Oszillationsfrequenzen auf als die Reflexionsspektren vergleichsweise dünnerer Filmschichten des identischen Materials. Bei stetiger Abnahme der Schichtdicke der Filmschicht wird das Reflexionsspektrum im gegebenen Wellenlängenbereich schließlich nur eine, oder einen Teil einer einzigen Oszillation abbilden (Abbildung 9).



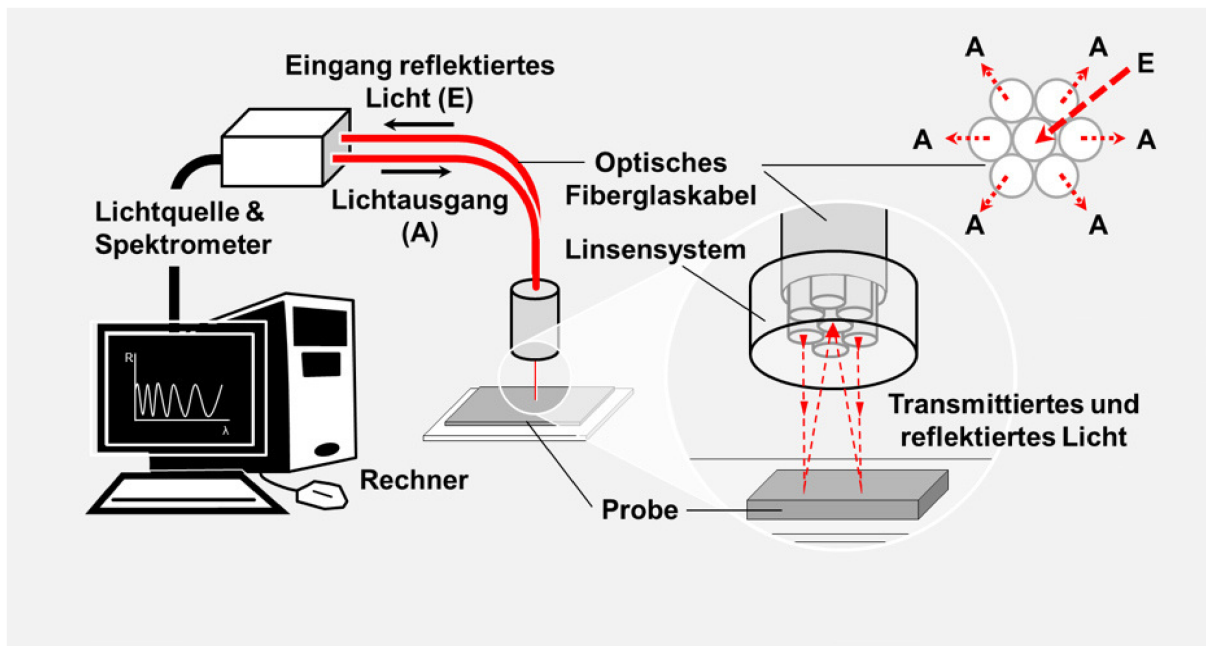
**Abbildung 9. Schematische Darstellung der Oszillationsmuster in Reflexionsspektren von verschieden dicken Filmschichten des identischen Materials bei unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda$ ) des einfallenden Lichts.** Mit zunehmender Dicke ( $d$ ) der Filmschicht steigt die Oszillationsfrequenz des Reflexionsspektrums im definierten Wellenlängenbereich an. Abbildungen: Cyrill Matenaers, 2020.

Amplitude und Periodizität der Oszillationen des Reflexionsspektrums einer optischen Dünnschicht in einem definierten Wellenlängenbereich werden also von den Schichtdicken und optischen Materialkonstanten (Brechungsindices und Extinktionskoeffizienten) der Filmschicht und der Trägerschicht bestimmt. Die Reflexionsspektren werden zusätzlich auch durch weitere Parameter, wie z.B. die Rauigkeit der Filmschichtoberfläche beeinflusst. Die Bestimmung von Schichtdicken und optischen Konstanten untersuchter Dünnschichten mit spektral reflektometrischen Verfahren beruht auf der Analyse der Amplituden und Periodizität der Oszillationen in den detektierten Reflexionsspektren. Unter Kenntnis der optischen Materialkonstanten und der approximativen Dicken der Film- und Trägerschichten kann die Dicke einer Filmschicht exakt aus ihrem Reflexionsspektrum abgeleitet werden. Allerdings können bei Vorliegen von mehr als einer einzigen reflektierenden Grenzschicht (also unter so gut wie allen praktischen Bedingungen) nicht sämtliche Parameter (Schichtdicke, Brechungsindex, Extinktionskoeffizient, Rauigkeit, etc.) direkt oder gleichzeitig aus einem Reflexionsspektrum ermittelt werden. Daher verwenden moderne spektral-reflektometrische Messgeräte zur Ermittlung von Brechungsindices und Extinktionskoeffizienten in definierten Wellenlängenbereichen verschiedene mathematische Modelle mit wenigen Variablen, mit Hilfe derer Reflexionsspektren errechnet werden, die an die gemessenen Reflexionsspektren angepasst und zur Bestimmung der gesuchten Parameter verwendet werden. Der Vergleich der, auf Grundlage der bekannten Materialeigenschaften und der analysierten Wellenlängenbereiche errechneten, zu erwartenden Reflexionsspektren

mit den tatsächlich detektierten Reflexionsspektren gestattet zusätzlich, die technische Qualität einer Messung und damit die Verlässlichkeit des Messergebnis abzuschätzen [20]. Eine weitere prinzipielle Limitation spektral-reflektometrischer Verfahren besteht darin, dass bei Vorliegen sehr dünner Filmschichtdicken Reflexionsspektren mit weniger als einer Oszillation detektiert werden, in denen nicht sämtliche Parameter (Filmschichtdicke, Brechungsindex, Extinktionskoeffizient) bestimmt werden können. In Abhängigkeit der untersuchten Filmschicht- und Trägermaterialien und den analysierten Wellenlängenbereichen liegt die minimale messbare Dicke einer Filmschicht etwa zwischen 1-30 Nanometern [20].

Aufbau und Funktionsweise eines modernen spektralen Reflektometrierätes, wie es in der vorliegenden Arbeit zur Schnittdickenmessung verwendet wurde, sind schematisch in Abbildung 10 dargestellt. Das System setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, einem Computer mit entsprechender Software zur Konfiguration der anzuwendenden Parameter sowie zur Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer und graphischer Form (FILMeasure 8, Filmetrics, San Diego USA). Lichtquelle und das Spektrometer sind an den PC angeschlossen und über optische Fiberglaskabel mit dem Probenstisch verbunden. Über einen Haltearm bzw. eine Führung im Probenstisch wird das mit einem Linsensystem bestückte Ende des optischen Fiberglaskabels senkrecht über bzw. unter der zu analysierenden Probe positioniert. Im Kabel selbst sind die in der Peripherie verlaufenden lichtaussendenden Fiberglaskabelstränge um zentrale Fiberglaskabelstränge herum angeordnet, welche die detektierten Lichtreflexionen an das Spektrometer (zurück)leiten.





**Abbildung 10. Schematische Darstellung des Aufbaus eines Systems zur spektral-reflektometrischen Schnittdickenmessung.** Abbildungen: Cyrill Matenaers, 2020.

Das in der vorliegenden Arbeit zur Schnittdickenmessung verwendete spektrale Reflektometriegerät F-20 der Firma Filmetrics (San Diego, USA) (siehe Abbildung 9 der publizierten Originalarbeit [18] zur vorliegenden Dissertationsschrift) besitzt eine regulierbare Tungsten-Halogenlampe als Weißlichtquelle, das integrierte Spektrometer detektiert Licht in einem Wellenlängenbereich von 380-1050 nm. Der Durchmesser der Fläche einer Messtelle liegt bei 1,5 mm. Das Gerät besitzt einen (materialabhängigen) Filmschichtdickenmessbereich von etwa 15 nm- 100  $\mu\text{m}$ . Zur Bestimmung von Brechungsindices und Extinktionskoeffizienten sind Filmschichtdicken von etwa 100 nm notwendig. Die Toleranz der Messgenauigkeit liegt (materialabhängig) bei weniger als 0,4% [20].



## **IV. Publikation**

**C. Matenaers**, B. Popper, A. Rieger, R. Wanke, A. Blutke (2018).

Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses.

PLoS One.;13(2):e0192879. doi: 10.1371/journal.pone.0192879.



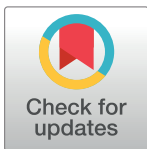
RESEARCH ARTICLE

# Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses

Cyrill Matenaers<sup>1</sup>, Bastian Popper<sup>2</sup>, Alexandra Rieger<sup>1</sup>, Rüdiger Wanke<sup>1</sup>, Andreas Blutke<sup>1\*</sup>

**1** Institute for Veterinary Pathology at the Center for Clinical Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany, **2** Department of Anatomy and Cell Biology, Biomedical Center (BMC), Medical Faculty, Ludwig-Maximilians-Universität München, Martinsried, Germany

\* [blutke@patho.vetmed.uni-muenchen.de](mailto:blutke@patho.vetmed.uni-muenchen.de)



## OPEN ACCESS

**Citation:** Matenaers C, Popper B, Rieger A, Wanke R, Blutke A (2018) Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses. PLoS ONE 13 (2): e0192879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879>

**Editor:** Konradin Metze, University of Campinas, BRAZIL

**Received:** October 14, 2017

**Accepted:** January 31, 2018

**Published:** February 14, 2018

**Copyright:** © 2018 Matenaers et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

**Funding:** The authors received no specific funding for this work.

**Competing interests:** The authors declare no conflict of interest. In particular, none of the authors has any personal, commercial or scientific relationship to the producer (Filmetrics® Inc.) of the tested reflectometer (which was purchased at

## Abstract

The accuracy of quantitative stereological analysis tools such as the (physical) disector method substantially depends on the precise determination of the thickness of the analyzed histological sections. One conventional method for measurement of histological section thickness is to re-embed the section of interest vertically to its original section plane. The section thickness is then measured in a subsequently prepared histological section of this orthogonally re-embedded sample. However, the orthogonal re-embedding (ORE) technique is quite work- and time-intensive and may produce inaccurate section thickness measurement values due to unintentional slightly oblique (non-orthogonal) positioning of the re-embedded sample-section. Here, an improved ORE method is presented, allowing for determination of the factual section plane angle of the re-embedded section, and correction of measured section thickness values for oblique (non-orthogonal) sectioning. For this, the analyzed section is mounted flat on a foil of known thickness (calibration foil) and both the section and the calibration foil are then vertically (re-)embedded. The section angle of the re-embedded section is then calculated from the deviation of the measured section thickness of the calibration foil and its factual thickness, using basic geometry. To find a practicable, fast, and accurate alternative to ORE, the suitability of spectral reflectance (SR) measurement for determination of plastic section thicknesses was evaluated. Using a commercially available optical reflectometer (F20, Filmetrics®, USA), the thicknesses of 0.5 µm thick semi-thin Epon (glycid ether)-sections and of 1–3 µm thick plastic sections (glycol-methacrylate/ methylmethacrylate, GMA/MMA), as regularly used in physical disector analyses, could precisely be measured within few seconds. Compared to the measured section thicknesses determined by ORE, SR measures displayed less than 1% deviation. Our results prove the applicability of SR to efficiently provide accurate section thickness measurements as a prerequisite for reliable estimates of dependent quantitative stereological parameters.

the regular price) that could inappropriately affect the present study.

## Introduction

The thickness of a histological section generally affects the contrast, sharpness, and detail recognizability within the microscopic image of the slide. However, knowledge of the exact physical thickness of the examined section is not necessary in most qualitative histological analyses. Here, a certain degree of inter-section thickness variation is also acceptable, as long as an adequate quality of the section is maintained, allowing for a sound assessability of morphological parameters of the investigated tissue.

In contrast to such primarily qualitative histological analyses, application of distinct quantitative stereological analysis methods such as the physical disector, used for estimation of numerical volume densities (e.g. the number of cells per volume of tissue), fundamentally depends on a precise determination of the thicknesses of the analyzed histological sections.

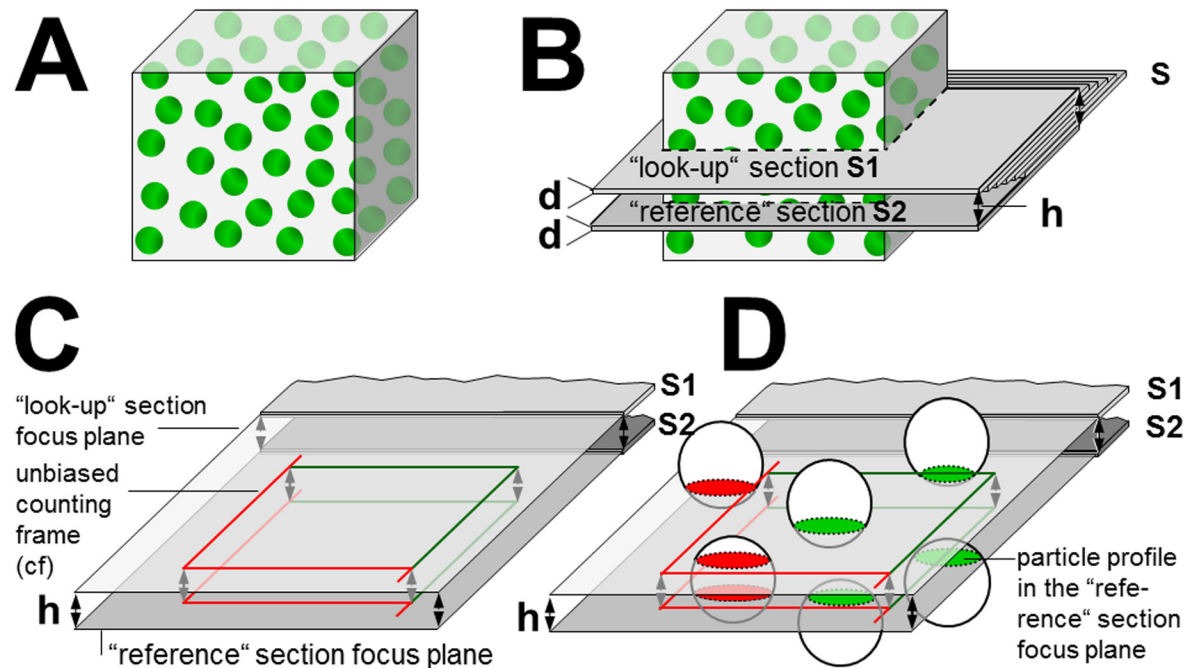
## Physical disector analyses

In disector analyses, structures of interest (e.g. cells or cell nuclei) are counted within defined volumes of tissue. The three-dimensional volume of a disector probe is defined by the distance (i.e., disector height) between two parallel section planes in the tissue ("reference" section and "look-up" section), and the 2-dimensional area within these section planes (e.g., an unbiased counting frame), in which the structures of interest are counted [1–3]. In a physical disector, the examined section planes are two (physically separate) histological sections taken from a series of consecutive, parallel, equally thick sections cut through the tissue (Fig 1). With regard to the potential anisotropy of the structure(s) of interest and depending on the size of the examined tissue sample, the position of the tissue sample relative to the orientation of the reference- and look-up section plane is randomized to generate isotropic uniform random (IUR) or vertical uniform random (VUR) section planes, using appropriate stereological designs [4–8]. The disector height  $h$  (i.e., the number of sections of known thickness between the reference section and the look-up section) is selected depending on the size of the counted particles. To avoid overlooking particles completely located between the reference- and look-up section, a disector height smaller than the mean particle height perpendicular to the section planes of the reference- and look-up section has to be chosen (usually approximately  $1/3^{\text{rd}}$  of the linear orthogonal projection of the counted particles) [3, 6]. Therefore, if tiny structures such as small cell nuclei of 2–3  $\mu\text{m}$  diameter are counted in a physical disector analysis, also comparably thin sections of 0.5–1.0  $\mu\text{m}$  thickness (i.e., thinner than the mean minimal diameter of the particles counted) have to be applied, and, if appropriate, directly consecutive sections are used as the reference- and look-up sections. Knowledge of the disector height therefore depends on the knowledge of the exact thicknesses of the examined sections. The mathematical formula (Eq 1, Table 1) according to which numerical volume densities are calculated in physical disector analyses emphasizes the strong impact of the section thickness [1–3].

Eq 1

$$\hat{N}_{V(X/Y)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{(X)_i}^-}{h \sum_{i=1}^n A_{(Y)_i}} \quad (1)$$

It is obvious that the numerical volume density of any examined structure within its respective reference compartment does not only depend on the counted numbers of distinct elements of the structure of interest, but, at least equally as important, also on the volume of the reference compartment in which the structures were counted. Although, it is astonishing that in many published studies applying quantitative stereological physical disector analyses,



**Fig 1. Schematic illustration of the physical disector method for quantitative stereological estimation of numerical volume densities.** In this example, the numerical volume density of particles (green spheres) within a reference compartment (grey cube) is to be estimated (A). For a simplified presentation of the physical disector principle, the particles to be counted are equally sized spheres, evenly distributed within their reference compartment. A stack of parallel, equally thick sections (s) is cut from the reference compartment containing the particles of interest (B). The thickness of each of these sections is “d”. Two sections (a “look-up” section S1, and a “reference” section S2) are sampled with a known distance (h) between S1 and S2 (to avoid to miss particles completely located between the S1 and the S2 section, a disector height h of approximately  $\frac{1}{3}$ rd of the mean particle height perpendicular to the S1-S2 section planes is chosen). The distance h between the “look-up” section S1, and the reference section S2 is equal to the product of the number of sections between S1 and S2 + 1 and the mean thickness (d) of these sections (here:  $h = 6d$ ). C: A physical disector is a 3-dimensional test-system (probe) of known volume used for direct and unbiased counting of particles. Within the aligned, congruent (2D) focus planes of the “reference” and the “look-up” section, each one area is defined, in which particles being hit by either the reference section and/or the look-up section are sampled for counting. Here, an unbiased counting frame (cf) [2, 3] with “allowed” (green) and “forbidden” (red) lines is used. The disector volume in which the particles are counted is defined by the area of the counting frame ( $A_{cf}$ ) and the distance between the focus planes of the “reference” and the “look-up” section (i.e., disector height, h). D: Using the unbiased counting frame, particles are sampled for counting, if their section profiles in the reference section are either entirely within the counting frame or if they touch an “allowed” line but none of the “forbidden” lines of the counting frame. Particles whose section profiles hit one of the “forbidden” lines of the counting frame in the reference section are excluded from the analysis. Only sampled particles that hit the reference section but are not present in the “look-up” section are counted (sampled particles sectioned by the “reference”- and the “look-up” section are not counted). The process of counting might then be repeated with interchanged roles of the “reference”- and the “look-up” section, thereby doubling the effectiveness of the counting procedure. Thus, in the present example, four particles (green section profiles in the “reference”- or the “look-up” section) are counted in a corresponding reference compartment volume of two disector volumes ( $2 \times h \times A_{cf}$ ).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g001>

**Table 1. Legend to Eq 1.**

$\hat{N}_{V(X/Y)}$	Numerical volume density of elements of the structure X in the reference compartment Y
$\sum_{i=1}^n Q_{(X)_i}^-$	Cumulative number of all counted elements ( $Q^-$ ) of the structure X in all disectors
$\sum_{i=1}^n A_{(Y)_i}$	Cumulative area of the examined reference compartment sections in all disectors
h	Disector height (distance between the focus planes of the “reference”- and the “look-up” section)
n	Number of disectors analyzed per case
$h \sum_{i=1}^n A_{(Y)_i}$	Cumulative volume of all disectors analyzed per case

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.t001>

determination of section thicknesses is not performed. Instead, the nominal section thicknesses set at the microtome are used for calculation of disector heights without verification. However, with regard to the considerable error effect of incorrect section thicknesses on the accuracy of the numerical volume density estimates obtained by physical disector analyses, it is negligent to refrain from determining the thicknesses of the examined sections [9]. In this context, it is irrelevant, if the true section thicknesses are actually identical with the nominal section thickness preset at the microtome, or not, because adoption of unnecessarily not verified assumptions on the thicknesses of the examined sections is hardly compatible with generally accepted standards of good laboratory practice. Actually, there is a considerable number of factors, which might actually result in deviations of the factual from the nominal thicknesses of histological sections. These factors include e.g., the brand, quality, manufacturing standards, age, utilization rate, operational performance and service intervals of the microtome, the individual operator, the hardness of the embedding medium, the time the tissue-block was stored before sectioning, the temperature during sectioning, and the type and condition of the microtome blade.

In this context, it should not left unmentioned, that there are structure analysis approaches [10], as well as several quantitative stereological analysis techniques [6], including methods for estimation of numerical volume densities, which are independent of section thicknesses or embedding-related tissue shrinkage. The latter procedures include several derivatives of the “fractionator” sampling method [9] combined with physical disector analyses [2, 6, 11]. However, in the experimental design of a study, it may be difficult to integrate the demands of “fractionator”- sampling regimes and those of other additionally scheduled analyses (e.g., generation of tissue samples for molecular-biological analyses), especially, if the available amounts of sample materials are limited. Therefore, section thickness-depending physical disector analyses are often given preference.

### Advantages of plastic embedding media in physical disector analyses

Physical disector analyses usually use sections of plastic resin-embedded tissue samples such as GMA/MMA (glycolmethacrylate/methylmethacrylate) [6] or Epon (diglycid ether 100), because plastic embedding causes less, and more uniform embedding-related tissue shrinkage than paraffin-embedding [6]. The extent of embedding related tissue shrinkage, usually expressed as the linear tissue shrinkage factor ( $f_s$ ), has to be determined, e.g., by comparison of the areas of corresponding tissue profiles of the fixed tissue sample (i.e., before embedding) and of the final histological section (i.e., after embedding), and correspondingly taken into account in calculation of (tissue-shrinkage sensitive) quantitative stereological parameters [1, 6]. Moreover, due to the harder consistency of polymerized plastic embedding media, thinner sections with lower inter-section variability can be cut from plastic-tissue blocks, providing a better recognizability of morphological details, and allowing for numerical quantification of small tissue structures by generation of physical disectors with low disector heights. Paraffin-embedding generally leads to a non-uniform, differential, anisotropic, not exactly predictable and variable tissue shrinkage, often by more than 50% in volume [6]. In contrast, embedding of tissue samples in a homogeneous plastic matrix is associated with a much lesser degree of tissue deformation [6]. For GMA/MMA embedded perusion-fixed murine kidney tissue, for example, the linear tissue shrinkage factor is  $f_s = 0.91 \pm 0.02$ , and for Epon embedding  $f_s = 0.95 \pm 0.02$  (referring to a three-dimensional volume reduction of 22%, and 14%, respectively) [1]. Regarding the determination of section thicknesses, plastic embedding has additional, particularly important advantages, as compared to paraffin sections. Paraffin sections display a very uneven surface, since the paraffin is removed from the tissue section during the processing of



the section (warmth-incubation, deparaffinization, rehydration, staining and dehydration), leading to an irregular collapse of the vertical height of the mounted tissue section (i.e., shrinkage in the vertical z-axis). In plastic sections, in contrast, the embedding medium is not removed during the subsequent procession steps, and the sections display uniformly smooth surfaces and equal section thickness in areas with and without embedded tissue (Fig 2).

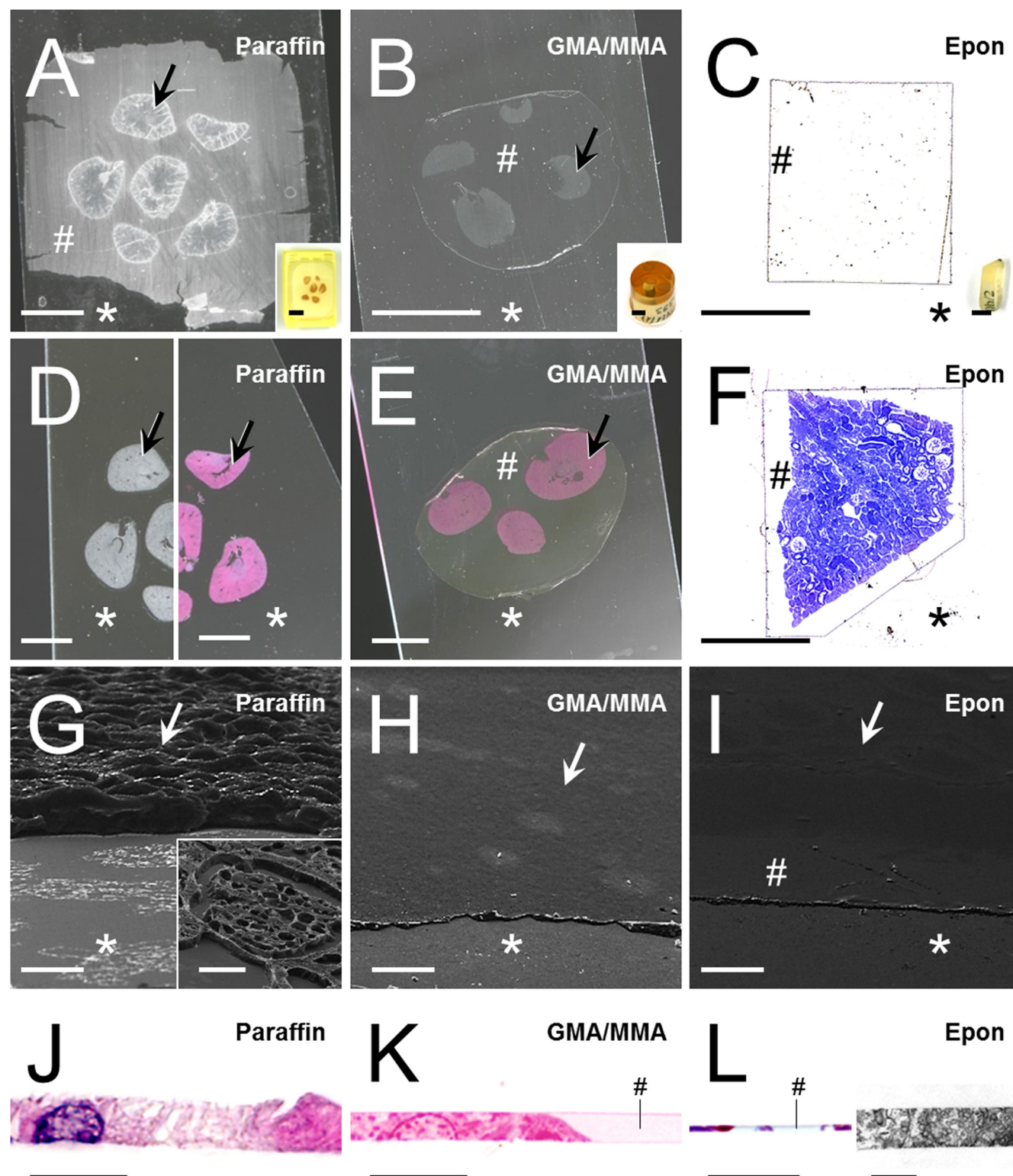
## Previous methods of histological section thickness determination

Some methods for determination of histological section thicknesses calculate the average thickness of sections from a series of a known number of consecutive sections by measuring the reduction of the length of the tissue block during the sectioning process at the microtome [6, 12]. Such methods however, are prone to errors and can at most provide an approximate value of the average section thickness. The thicknesses of thick histological sections (<10 to >100  $\mu\text{m}$ ) can be determined directly using microscope systems equipped with mechanical or piezo-electrical z-axis steppers/measuring instruments, either by manual location of the upper and lower tissue surfaces within a section, or by using an automated absolute gradient focus function [13]. However, these methods of section thickness determination are generally not applicable for physical disector analyses, where usually thin sections (0.5–3  $\mu\text{m}$ ) are examined.

A few more methods have also been described for determination of the thicknesses of individual light- and electron-microscopic histological sections [13–17], as used in physical disector analyses in quantitative morphological studies. As a prerequisite for calculation of accurate and unbiased estimates of numerical volume densities in physical disector analyses, the thicknesses of individual (plastic) sections can precisely be determined, using the “orthogonal re-embedding (ORE) technique” (Fig 3) [1, 14, 16, 17]. From a series of consecutive sections, one (or more) section(s) not used for disector analyses is sampled and re-embedded in a plastic resin embedding medium, vertically to its original section plane. The thickness of the re-embedded section is determined in a subsequently prepared section of the plastic-block with the orthogonally re-embedded sample, by measuring the orthogonal distance between the upper and the lower surface of the section profile of the re-embedded section (Fig 3D). Due to the usually small nominal thickness (0.5–3  $\mu\text{m}$ ) of the re-embedded section, a precise measurement of its factual thickness in a 2D-section of the orthogonally re-embedded sample requires high factors of magnification. Therefore, these measurements are performed either using immersion-oil light microscopy (at 630–1000 x magnification) or transmission electron microscopy, allowing for application of higher magnification factors, thereby increasing the measurement’s accuracy. Moreover, since ultra-thin sections (approximately 70 nm thick) are used in transmission electron microscopic examination, the overprojection-effect of not completely vertically embedded sections is also minimized (Fig 4). However, orthogonal re-embedding of sections is labor-, time-, and cost-intensive, and it might produce inaccurate section thickness measurement values due to unintentional, oblique (non-orthogonal) positioning of the re-embedded sample-section.

Actually, the effect of accidental oblique embedding on the falsification of the measured section thicknesses might be considerable. If a section with a true thickness of 0.5  $\mu\text{m}$  is re-sectioned with a deviation of, e.g., 35° from its original vertical plane, it will have a measured section thickness of 0.6  $\mu\text{m}$  (i.e., 20% deviation from the true value), and if re-sectioned at an deviation of 45°, even 0.7  $\mu\text{m}$  (i.e., 40% deviation from the true value).

**An improved method for section thickness determination of orthogonally re-embedded sections.** In the present report, a simple method is presented, allowing for determination of the factual section plane angle of the re-embedded section, and correction of measured section thickness values for an accidental/unintended oblique (non-orthogonal) position of section



**Fig 2. Morphology of paraffin- and plastic-sections.** A–I: Perspective view on the relief of sections of paraffin sections and GMA/MMA- or Epon- plastic sections containing murine kidney tissue. Section areas with profiles of embedded tissue are indicated by arrows, section areas containing embedding medium without tissue are indicated by hashes (#), and the surface of the glass slides the sections are mounted on are indicated by asterisks (\*). A–C: Freshly cut paraffin- (A), GMA/MMA- (B) and Epon- (C) sections mounted on glass slides after stretching of the sections on warm water-baths. Insets show paraffin, GMA/MMA- and Epon-blocks. D–F: HE-stained paraffin- (D) and GMA/MMA-sections (E) and Toluidine-blue-stained Epon- (F) section prior to mounting of cover-slips. D: Note that in paraffin-sections, the paraffin is removed during the processing of the section. Left image: Deparaffinized section

prior to staining. Right image: HE-stained paraffin section. E, F: In plastic sections, the embedding medium (#) remains present in the section. Bars in A, B, inset to C, D and E = 5 mm. Bars in C and F = 0.5 mm. G-I: Scanning electron microscopic images of paraffin- (G), GMA/MMA- (H) and Epon- (I) sections. Note the uneven section surface and the absence of embedding medium in the paraffin-section, as compared to plastic sections. In both GMA/MMA- and in Epon-sections, the section surfaces of areas with and without embedded tissue are evenly smooth and at the same level. Bars = 20  $\mu$ m. J-L: Orthogonal sections of paraffin- (J), GMA/MMA- (K) and Epon- (L) sections. J, K, L (left image): Light microscopic images. L (right image): Transmission electron microscopic image. Bars = 5  $\mu$ m. Note the uneven surface of the paraffin-section, and the even level of the surface of plastic-sections in areas with and without (#) embedded tissue.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g002>

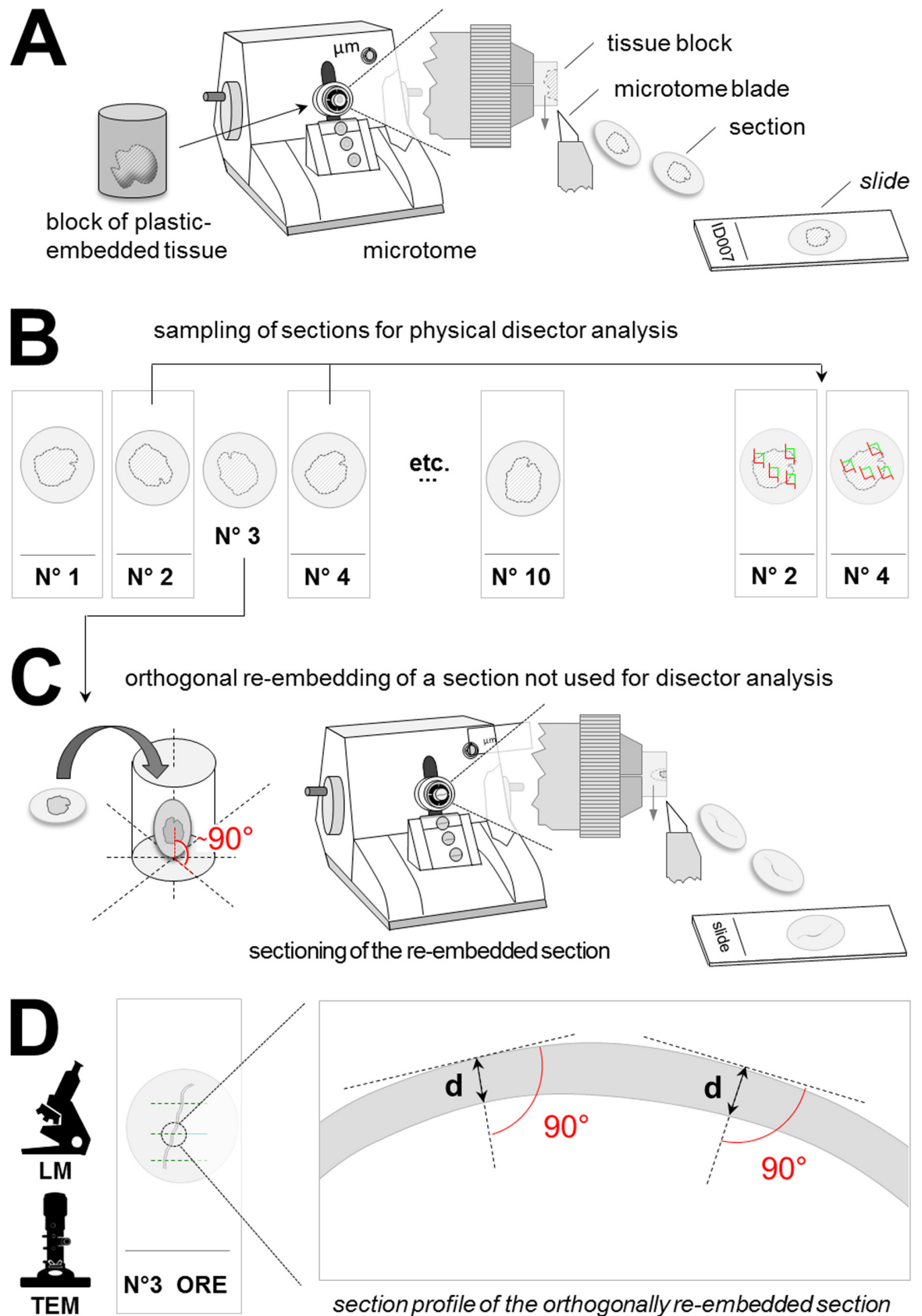
plane of the re-embedded section. The section that is to be orthogonally re-embedded is mounted flat on a calibration foil of known thickness. The section and the calibration foil are then vertically re- embedded and sectioned together. The section angle of the re-embedded section is then calculated from the deviation of the measured section thickness of the calibration foil and its factual thickness, using basic geometry (Fig 5).

Even though the effect of unintentional oblique embedding in ORE for section thickness determination can be compensated by using the method described here, ORE still remains quite time-, labor-, and cost-intensive. Moreover, since the determination of section thicknesses by ORE can usually not be performed on the identical sections that are also used in the disector analyses, (but on single sections of the same section series which are not used for quantitative stereological analysis, Figs 3B and 5A), the transferability of the measured section thicknesses on the other sections of the series that are used for disector analyses relies on the repetitive accuracy of the microtome in cutting section series with equal individual section thicknesses.

### Section thickness determination by spectral reflectance measurement

In order to overcome these problems, the present study also tested the suitability of a commercially available optical thin-film measurement device (F20, Filmetrics®) for quick and accurate determination of plastic section-thickness (GMA/MMA, Epon) by spectral reflectance measurement. Spectral reflectance measurement provides a fast, precise, and nondestructive tool, routinely used for a broad range of high-technology applications such as determination of the thicknesses of coatings of circuit boards and optical devices (color filters, high reflectivity mirrors, polarizers), or lacquer layers, as well as for determination of coating homogeneity, and roughness, or optical material constants [18]. While the theoretical physical foundations and technical details of the method are described elsewhere [19, 20], spectral reflectance (SR) measurement is principally based on analysis of the pattern of reflection(s) that occur at interfaces (i.e., top and bottom surfaces) of flat layers of different homogenous materials (film and substrate, such as e.g., a thin plastic section mounted on a glass slide), when light of different wavelengths is sent through such a “thin-film” stack. Due to the wavelike nature of light, light reflections at the partially reflecting surfaces of the different layers of the thin film will have different optical path lengths to pass through, and will, depending upon their wave-length and phase relationship, interfere with each other, resulting in detection of a particular interference pattern (i.e., a plot of the detected reflectance as a function of wavelength). Depending on the thicknesses of the materials of the thin film, their refractive indices and extinction coefficients (known material constants), and the incidence angle of the transmitted light (defined by construction), the detected spectral reflectance pattern displays characteristic intensity oscillations, whose amplitude and period can be used to determine the single film layer thicknesses.

The present report shows that, once the SR-measurement settings are defined for the different materials (i.e., the refractive indices, extinction coefficients, and approximate thicknesses of Epon-, and GMA/MMA sections and borosilicate-glass slides), SR can be used for





**Fig 3. Schematic illustration of section thickness determination of orthogonally re-embedded sections.** (A) A block of plastic-embedded tissue (e.g., Epon or GMA/MMA) is serially sectioned on a microtome. (B) From the series of consecutive sections (here N°1–10), section pairs are sampled for physical disector analysis (here sections N° 2 and N°4). C: From the remaining sections of the series, one section not used for disector analysis is sampled (here N°3) and re-embedded in plastic-embedding medium, vertically to its original section plane. The block with the re-embedded section is then sectioned with a microtome (for light microscopy, respectively with an ultra-microtome for electron microscopic examination). (D) The thickness of the orthogonally re-embedded section (d) is measured at randomly sampled locations, as the direct (orthogonal) distance between the upper and the lower cut-border of the section profile of the orthogonally re-embedded section, using light- (LM) or transmission electron-microscopy (TEM).

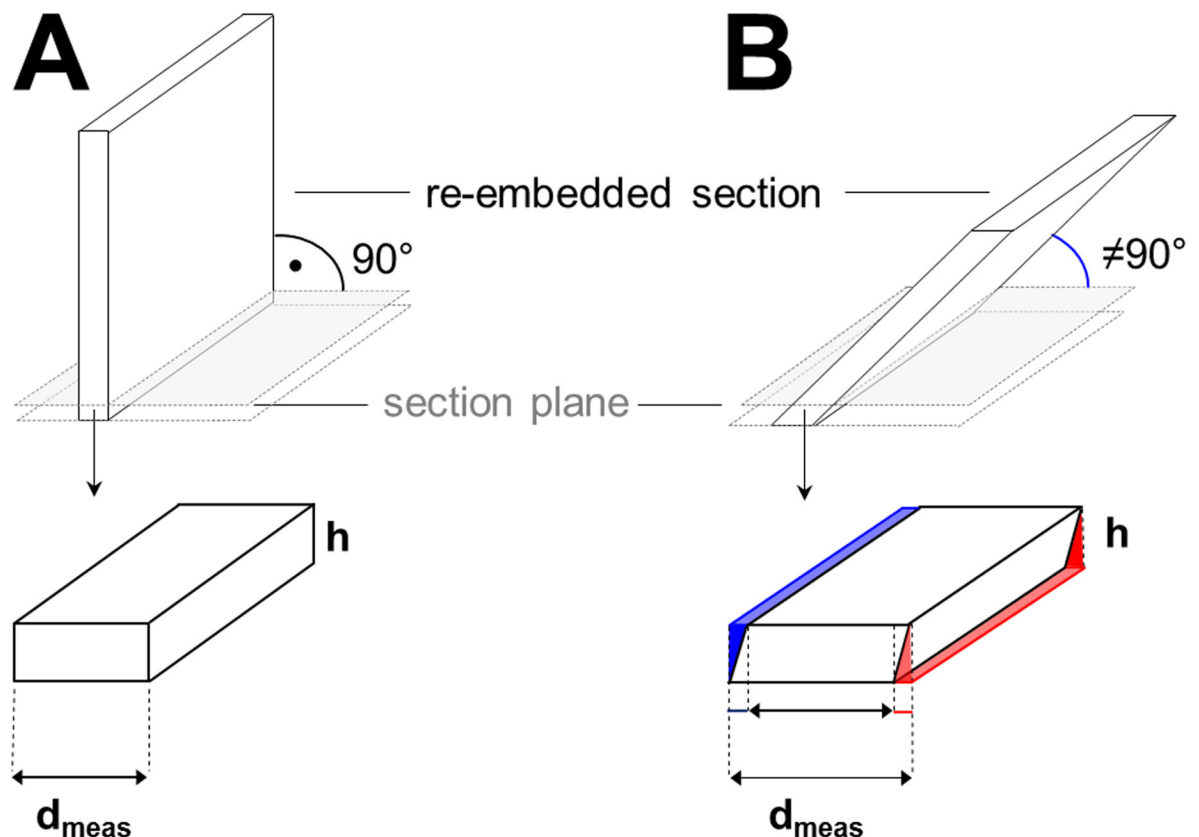
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g003>

convenient and reliable determination of the exact thicknesses of histological plastic sections within only a few seconds.

## Materials and methods

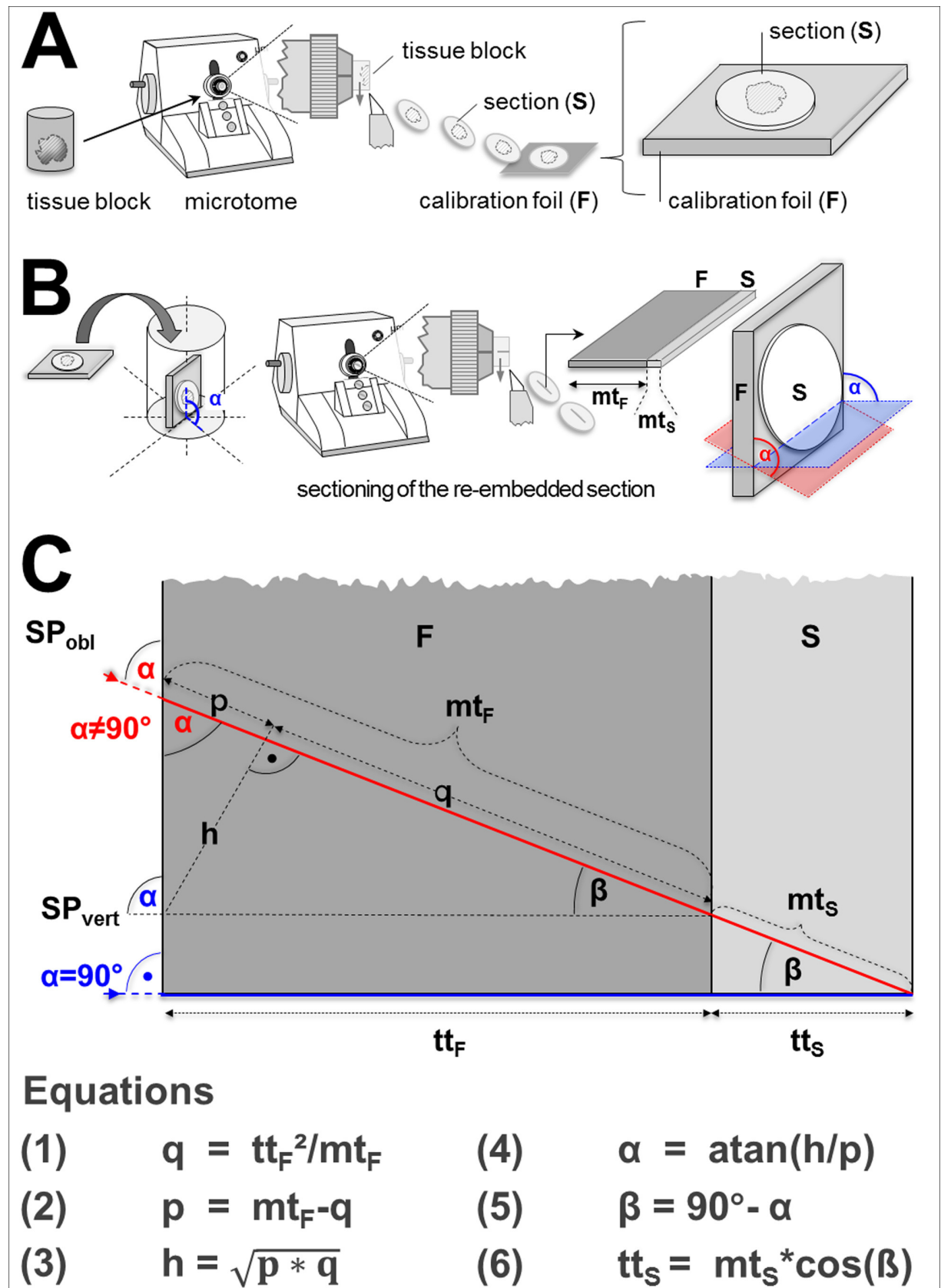
### Experimental setup

The suitability and the accuracy of spectral reflectance (SR) measurement for GMA/MMA-, and Epon section thickness determination was experimentally validated by comparison of section thicknesses assessed by SR measurements with light- and electron-microscopic measurements of



**Fig 4. Effect of over-projection in determination of section thicknesses using vertically re-embedded sections.** Two sections with the equal factual thickness  $d$  are re-embedded. (A) Ideal orthogonal re-embedding. The re-embedded section is re-sectioned exactly at  $90^\circ$  to its original section plane. The thickness  $h$  of the section of the re-embedded section does not affect the measured thickness  $d_{\text{meas}}$  of the re-embedded section, and  $d_{\text{meas}}$  is equal to the factual thickness of the section  $d$ . (B) Non-orthogonal (oblique) re-embedding. The re-embedded section is obliquely ( $\neq 90^\circ$ ) re-sectioned to its original section plane. Here, the measured thickness ( $d_{\text{meas}}$ ) of the (obliquely) re-embedded section exceeds the true thickness ( $d$ ) of the re-embedded section  $S$ . This effect results from the oblique sectioning angle (indicated in blue) and increases with the degree of deviation from the  $90^\circ$  angle and also from overprojection (indicated in red), increasing with the thickness of the sections cut from the obliquely re-embedded section. However, if GMA/MMA- or Epon sections are approximately vertically re-embedded in Epon and re-sectioned to 70–90 nm thin ultra-thin sections, the effect of overprojection in these ultra-thin sections will only marginally affect the measured thickness of the orthogonally re-embedded sections.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g004>



**Fig 5. Schematic illustration of section thickness determination of orthogonally re-embedded sections and correction for non-vertical embedding.** Compare to Fig 3. (A) A block of plastic-embedded tissue (e.g., Epon or GMA/MMA) is serially sectioned on a microtome. A section (S) sampled for determination of the section thickness is mounted flat on a calibration foil (F) of known thickness ( $tt_F$ ). (B) The section-calibration foil stack is re-embedded in plastic-embedding medium, vertically to the original section plane. The block with the re-embedded section and calibration foil is then sectioned with a microtome (for light microscopy, respectively with an ultra-microtome for electron microscopic examination). In the section of the section-calibration foil stack, the thickness of the orthogonally re-embedded section ( $mt_S$ ) is measured as the direct (orthogonal) distance between the upper and the lower cut-border of the section profile of the orthogonally re-embedded section. The thickness of the orthogonally re-embedded calibration foil ( $mt_F$ ) is measured accordingly. Depending on the angle ( $\alpha$ ) of the section plane relative to the level of the re-embedded section/calibration foil stack, the measured thicknesses of the section and the calibration foil exceed the true thicknesses of the section ( $tt_S$ , unknown) and the foil ( $tt_F$ , known). The blue section plane ( $SP_{vert}$ ) indicates an orthogonal section plane ( $\alpha = 90^\circ$ ), the red section plane ( $SP_{obl}$ ) is cut at an oblique angle ( $\alpha \neq 90^\circ$ ). C: The true factual thickness of the section ( $tt_S$ ) can be calculated geometrically, using the measured thicknesses of the calibration foil ( $mt_F$ ), the re-embedded section ( $mt_S$ ), and the known true thickness of the calibration foil ( $tt_F$ ). The mathematical equations (1–5) used for calculation of the angles and distances used for calculation of  $tt_S$  are displayed.

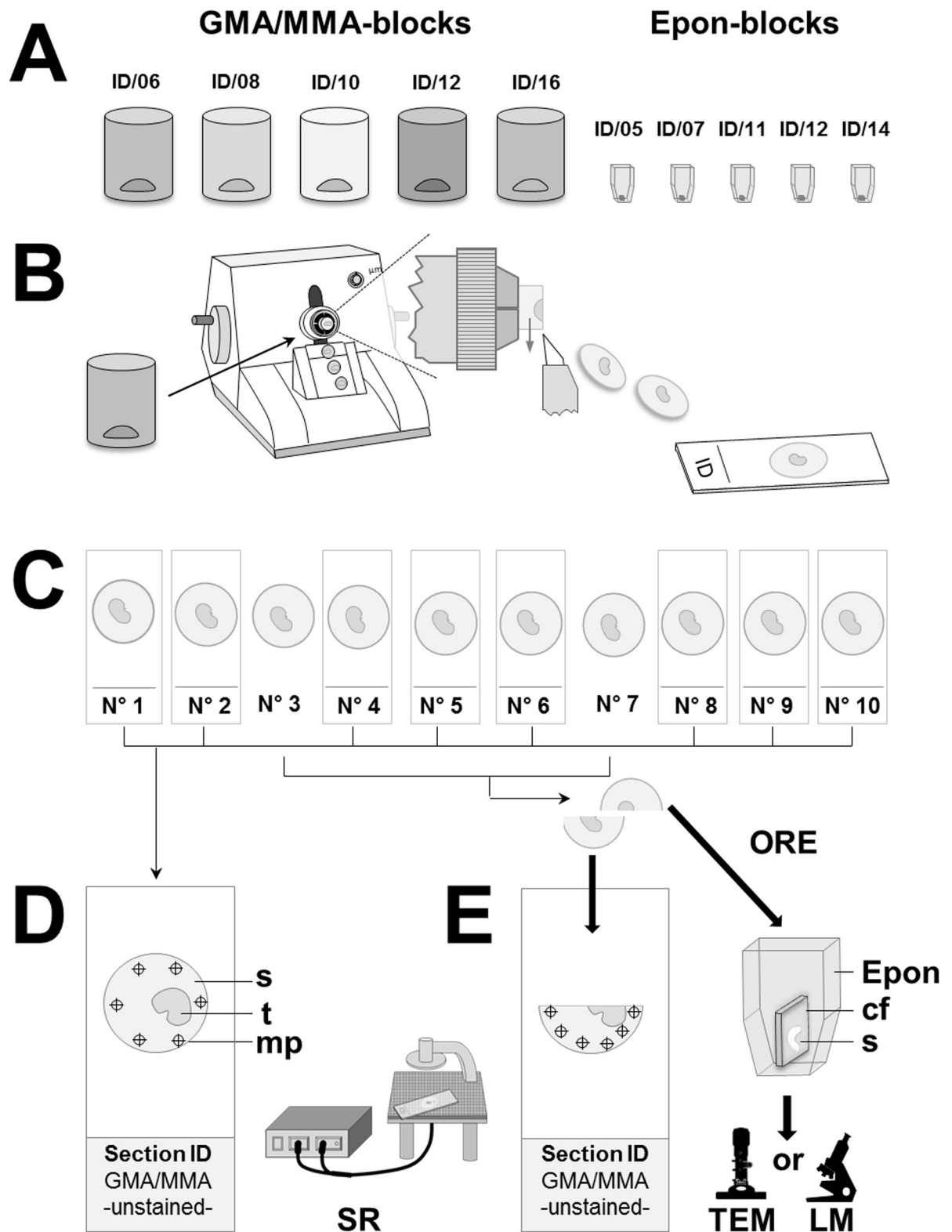
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g005>

the thicknesses of orthogonally re-embedded (ORE) sections. The experimental design of the study described in the following paragraphs is schematically outlined in Fig 6.

Series of each 10 consecutive sections were cut from five blocks of GMA/MMA-, respectively of Epon embedded, perfusion-fixed (4% formaldehyde-solution) murine kidney tissue, prepared between 2006 and 2016 (archive material from different studies, Institute of Veterinary Pathology, LMU Munich, Germany). From each GMA/MMA block, three section series were cut at 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ , and 3  $\mu\text{m}$  of nominal thickness, using a Microm HM 360 rotary microtome (Microm, Germany). An Ultracut E microtome (Leica, Germany) was used to cut a section series with 0.5  $\mu\text{m}$  nominal thickness from each Epon block, with all sections of the series uniformly displaying a pink interference color (indicating uniform section thicknesses of individual sections, Fig 7B). From each section series, 2–3 sections were randomly sampled for section thickness determination by orthogonal re-embedding. GMA/MMA sections sampled for ORE were divided into two pieces. Each one half was mounted on an uncoated, standard, borosilicate glass slide (ISO 8037/1, Engelbrecht Medizin und Labortechnik GmbH, Edermünde, Germany) for SR section thickness measurement (see below), while the second section halves were mounted flat on calibration foils, orthogonally re-embedded in Epon using standard flat-embedding molds (in order to minimize the probability of unintended oblique (i.e., non-orthogonal) orientations of the section-calibration foil stacks within the Epon-blocks), and re-sectioned for verification of the section thickness by light-microscopic measurement (Fig 6E). Epon sections sampled for ORE were completely (not halved) mounted on calibration foil(s) and orthogonally re-embedded in Epon. The remaining sections of each section series (and the halves of GMA/MMA sections which were not orthogonally re-embedded) were mounted on uncoated, standard, borosilicate glass slides for SR measurement of section thicknesses, thereby also allowing for evaluation of section thickness uniformity within a series of consecutive sections.

### Orthogonal re-embedding of sections mounted on calibration foils

For light microscopic determination of the thickness of the orthogonally re-embedded sections, an ACLAR<sup>®</sup> foil (Plano GmbH, Germany) with a nominal thickness of 198  $\mu\text{m}$  was used as ORE-calibration foil in the present study. The ACLAR<sup>®</sup> foil is a crystal clear, flexible, biochemically inert, heat-resistant, water-impermeable fluoropolymer film, widely used in electron microscopy. It displays only minimal dimensional change during embedding (<2%) [21]. Prior to ORE of sections, the thickness of the ACLAR<sup>®</sup> foil was controlled by light microscopic measurement at 400x magnification, using an object micrometer (Zeiss, Germany) for calibration and accounted for  $198.2 \pm 1.8 \mu\text{m}$  on the average (78 single measurements at different locations).



**Fig 6. Experimental study design.** Thicknesses of GMA/MMA- and of Epon sections were determined by spectral reflectance measurement and by light- and/or electron-microscopic measurement of the thicknesses of orthogonally re-embedded sections. (A) Sections were cut from five GMA/MMA-blocks and five Epon-blocks containing perfusion-fixed murine kidney tissue, (archive material) from 2005–2016 (different, independent casts). (B, C) From each GMA/MMA block, three series of each 10 consecutive sections were cut at nominal section

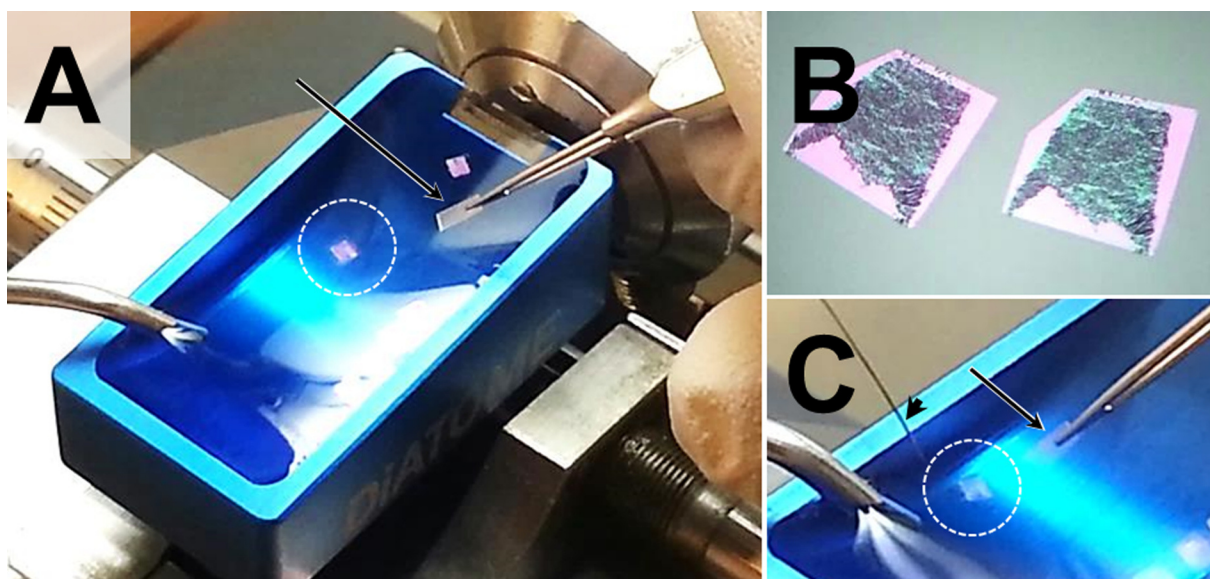


thicknesses of 1, 2, and 3  $\mu\text{m}$ . From each Epon block, a series of 10 sections with a nominal section thicknesses of 0.5  $\mu\text{m}$  was cut (in C, only one section series of a GMA/MMA-block is shown). From each section series, 2–3 sections were randomly sampled (here: N°3 and N°7) for section thickness determination by orthogonal re-embedding (ORE) in Epon. GMA/MMA sections sampled for ORE were halved, whereas sampled Epon sections were completely re-embedded (not halved). The remaining sections were mounted on glass slides. (D) Per case, six spectral reflectance measurements (SR) of the section thickness were performed at measuring points/locations (mp) of the section (s), where no embedded tissue (t) was present. (E) From the halved GMA/MMA sections, each one half was mounted on a glass slide for spectral reflectance section thickness measurements, while the second section halves (s) were mounted flat on calibration foils (cf) and orthogonally re-embedded (ORE) in Epon and re-sectioned for verification of the section thickness by light microscopy (LM) of HE- or toluidin-blue stained sections. The thicknesses of orthogonally re-embedded Epon sections were determined by light- and by transmission electron-microscopic (TEM) measurements.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g006>

For electron-microscopic determination of the thickness of the orthogonally re-embedded Epon- and GMA/MMA sections, calibration foils with certified thicknesses of  $32 \pm 1 \mu\text{m}$  and of  $49 \pm 1 \mu\text{m}$  (Calibration films, Art. 1120, LIST-MAGETIK® GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Germany), respectively of  $12.46 \pm 0.11 \mu\text{m}$  and  $24.54 \pm 0.4 \mu\text{m}$  (CPS-100 Certified Shim Set, serial N°: SCU100-0025, Check LINE® Europe GmbH & Co KG, Gronau, Germany) were used (for electron microscopic section thickness determination of ORE sections, thinner calibration foils had to be used, since the diameter of the field of view in the smallest possible magnification factor (x1000) of the Zeiss EM-10 electron microscope is smaller than the thickness of the ACLAR® foil of  $\sim 200 \mu\text{m}$ ). The used LIST-MAGETIK® and Check LINE® calibration films, are made of a flexible plastic foil, with advantageous chemical-physical properties similar to that of the ACLAR® foil (flexible, easily sectionable, resistant to water, alcohol, acetone).

GMA/MMA-, respectively Epon sections mounted on calibration foils were orthogonally re-embedded in Epon, using standard flat-embedding molds. Subsequently, semi-thin (approximately 0.5  $\mu\text{m}$  thick) Epon sections of orthogonally re-embedded GMA/MMA- and Epon sections and calibration foils were prepared, mounted on glass slides (ISO 8037/1, Engelbrecht Medizin und Labortechnik GmbH, Edermünde, Germany) and stained with HE



**Fig 7. Mounting of sections (here: Epon sections) on calibration foils for subsequent orthogonal re-embedding.** (A) Freshly sectioned Epon sections (encircled by a white dotted line) floating in the water bath (blue collecting basin) of the ultra-microtome. (B) Detail enlargement of Epon sections demonstrating a pink interference color. The grey-black material in the center of the section is the embedded tissue. (A, C) A section is carefully transferred to a stripe of calibration foil (arrow), using a horse hair (arrowhead in C).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g007>

(sections of re-embedded, nominal 1, 2, and 3  $\mu\text{m}$  thick GMA/MMA sections) or toluidin-blue (sections of re-embedded, nominal 0.5  $\mu\text{m}$  thick Epon sections).

Light microscopic measurements of the thicknesses of the orthogonally re-embedded sections were performed at a 200 x magnification (measurement of the calibration foil thickness), respectively at 1000 x (oil immersion) magnification (measurement of the section thickness), using an automated stereology system (VIS-Visiopharm Integrator System<sup>TM</sup> Version 3.4.1.0 with newCAST<sup>TM</sup> software, Visiopharm A/S, Denmark). The thicknesses of the calibration foil and the overlying section were determined at 6 locations (approx. 150  $\mu\text{m}$  apart, with a random position of the first measurement location) per case, measuring the shortest (orthogonal) distance from the lower to the upper surface of the calibration foil and the corresponding distance between the lower and the upper surface of the overlying section at the same location. Morphometric section thickness measurements were only conducted in areas, where no folds were present, and where the orthogonally re-embedded section was in direct, flush-even (plan) contact with the calibration foil (Fig 8A).

The locations where section thickness measurements of orthogonally re-embedded sections were performed included positions where embedded tissue was present in the section, as well as positions without embedded tissue (to confirm the uniform thickness of areas with and without embedded tissue in the same section, the thicknesses of orthogonally re-embedded GMA/MMA- and Epon sections were additionally measured in each 3 locations with-, and in 3 locations without embedded tissue per case and compared).

The measured section- and calibration-foil thickness values were averaged per case and the true thickness of the orthogonally re-embedded section (i.e., corrected for unintentional oblique embedding/sectioning) was calculated as described above.

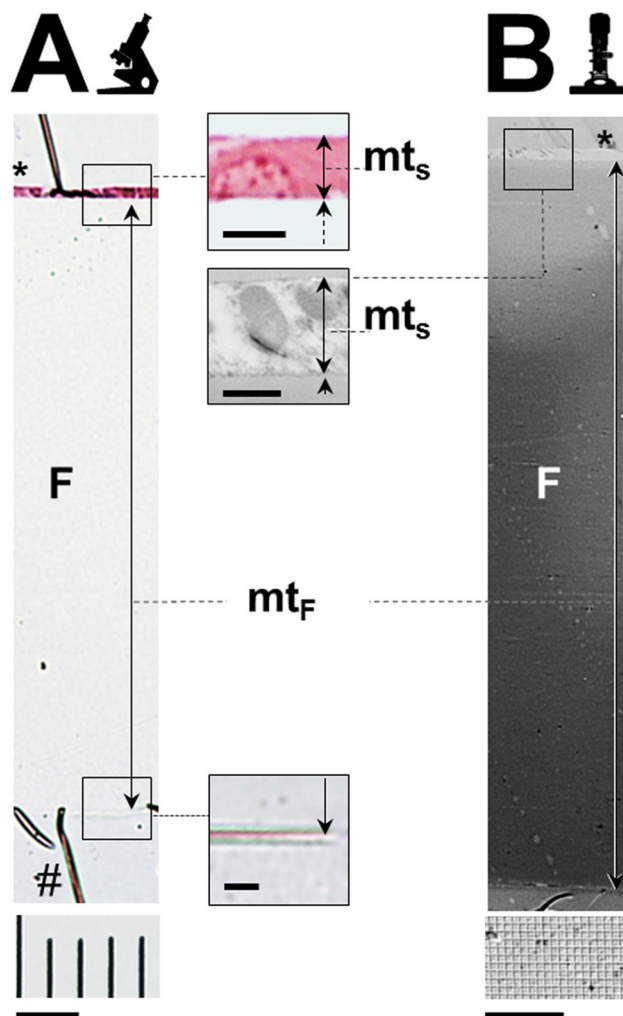
For electron microscopic measurement of the thickness of orthogonally re-embedded Epon sections of 0.5  $\mu\text{m}$  nominal thickness, ultra-thin sections (~70 nm) were cut from the corresponding Epon-blocks, using an Ultracut E microtome (Leica, Germany), routinely processed for electron microscopy, and examined using a Zeiss EM-10 transmission electron microscope (Zeiss, Germany). Digital micrographs of the orthogonally re-embedded sections, as well as of a standard cross-grating calibration grid (S107, TAB, USA) were taken at 1000–10.000 x magnification (Fig 8B). Section thickness measurements were performed at three to six locations per case (approximately 10–50  $\mu\text{m}$  apart), and the measured values were averaged per case (section).

## Scanning electron microscopy

For demonstration of the ultrastructure of the section surfaces of paraffin- and plastic sections (Fig 2), scanning electron microscopy was performed following standard protocols, using a digital scanning electron microscope (Zeiss DSM 950, Carl Zeiss AG, Germany).

## Spectral reflectance measurements

The optical reflectometer (F20, Filmetrics<sup>®</sup>) used in the present study consists of a housing containing the light source (tungsten halogen bulb, generating light from approximately 375–3000 nm wavelength) and spectrometer (detector), a fiber optic cable and a stage for positioning of the light outlet ( $\varnothing \sim 0.25 \text{ mm}$ ) of the fiber optic cable and the sample during measurement (Fig 9). The device is connected to a computer with the appropriate software installed. Measurement details (i.e., acquired reflectance spectra) for evaluation of the measurement's quality and the result each single measurement are immediately displayed (a single measurement is completed within 1 second) and automatically secured for subsequent further analysis.

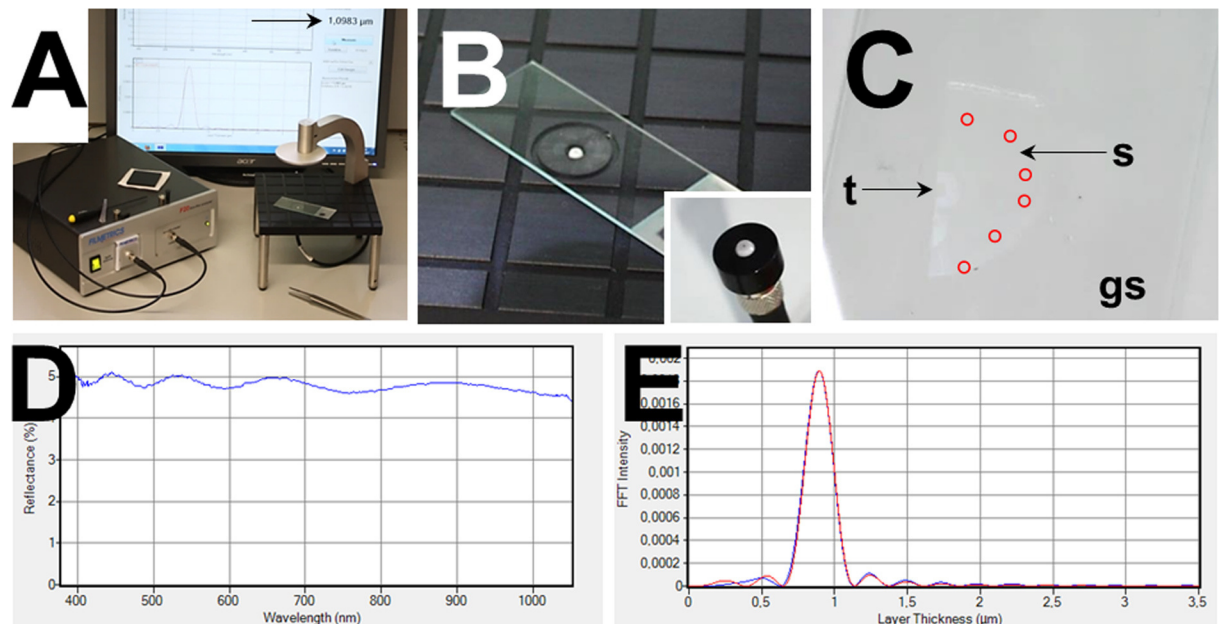


**Fig 8. Light- and electron-microscopic images of sections of re-embedded GMA/MMA sections mounted on calibration foils.** Compare to Fig 3. The thicknesses ( $mt_F$ ) of the calibration foils (F) and the thicknesses ( $mt_s$ ) of the re-embedded sections (\*) are indicated. (A) Light microscopic image of a re-embedded, 3  $\mu$ m thick GMA/MMA section of mouse kidney tissue mounted on a calibration foil (ACLAR<sup>®</sup>, Plano, Germany) of 198  $\mu$ m (true) thickness. #: Tension fold at the interface of the calibration foil and the surrounding Epon resin. GMA/MMA section, HE-staining, 200 x magnification. For calibration, the image of an object micrometer (distance between scale lines: 10  $\mu$ m) photographed under identical conditions is displayed (bar = 20  $\mu$ m). The insets to A show detail enlargements of the profile of the orthogonally re-embedded tissue section (top inset, bar = 5  $\mu$ m) and the lower surface of the calibration foil (bottom inset, bar = 5  $\mu$ m). (B) Transmission electron microscopic image of a re-embedded, 1  $\mu$ m thick GMA/MMA section of mouse kidney tissue mounted on a calibration foil (LIST-MAGETIK<sup>®</sup>, Germany) of 49  $\mu$ m (true) thickness. 1000 x magnification. For calibration, the image of a standard cross-grating calibration grid (width of squares: 0.463  $\mu$ m) photographed under identical conditions is displayed (bar = 10 squares). The inset to B shows a detail enlargement of the profile of the orthogonally re-embedded tissue section (10,000 x magnification, bar = 0.463  $\mu$ m).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g008>

For thickness measurement of GMA/MMA and Epon sections, the “Contact Stage” mode (Figs 6E, 9A and 9B) was used. Measurement parameters and sample specifications were set according to the FILMETRICS F20 Operations Manual (2016, Revision 7.17.6.0) as specified in Table 2.

Prior to, and in regular intervals during the measurements, “Baseline” calibrations of the system were performed using the provided BK7 reflectance standard. For measurement of



**Fig 9. Spectral reflectance section thickness measurement.** Thicknesses of unstained GMA/MMA or Epon sections mounted on borosilicate glass slides were measured with a F20 optical reflectometer (Filmetrics®, USA) using the “contact stage” mode. The glass slide is placed on the stage with the mounted section facing the opening of the fiber optic cable (A, B). The opening of the fiber optic cable (inset to B) has a diameter of ~250  $\mu\text{m}$ . (C) Detail enlargement of one half of a GMA/MMA section (s, arrow) mounted on a glass slide (gs) for spectral reflectance measurement of the section thickness (the second half is orthogonally re-embedded in Epon for verification of the section thickness by microscopic measurement). The tissue (t) present in the section is indicated (arrow). Per case, section thickness measurements were performed at six different locations (indicated by red circles) of the section, where no embedded tissue was present. Measurement details (D, E) and results are directly displayed at the monitor of the connected computer (A, arrow). (D) Reflectance spectrum. (E) Fast Fourier Transform (FFT)-intensity plot. The blue line on the graph represents the measured reflectance data, whereas the red line on the graph shows the calculated reflectance (based on the indicated refractive indices, extinction coefficients, and approximate thicknesses of the Epon-, or GMA/MMA sections and the borosilicate-glass slides). A successful measurement is indicated by an overlap of the wavelengths of the maxima and the minima of the calculated and the measured reflectance curve.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.g009>

section thicknesses, the glass slide with the mounted section (unstained histological section without a coverslip) was placed flat on the stage, in such a way that an area of the section not containing embedded tissue was located directly above the small light source opening of the fiber optic cable.

In each single section, four to six spectral reflectance measurements of the section thickness were performed at locations, where no embedded tissue was present (Fig 9C). For comparison, measurements were also performed in areas of GMA/MMA sections where identifiable tissue was present (each six measurements per case). Directly after completion of each measurement, the result (calculated section thickness) and analysis details (reflectance- and Fast Fourier Transform (FFT)-intensity spectra) were displayed. The quality of each measurement was estimated by evaluation of the shapes of the reflectance- and FFT-intensity plot curves and the congruence of estimated and measured FFT-intensities (Fig 9D and 9E).

## Statistical analyses

Data are presented as means  $\pm$  standard deviations (SD). Statistical analyses of the deviations of section thickness measurement values determined by spectral reflectance measurement and orthogonal re-embedding of sections were performed, using two-sided, paired student's t-tests (Microsoft EXCEL®). P values  $<0.05$  were considered significant.

**Table 2. Measurement settings and sample specifications for thickness measurement of GMA/MMA and Epon sections with the F20 optical reflectometer (Filmetrics<sup>®</sup>, USA).**

Measure–Film recipe		Units	Microns (μm)
Film stack	Medium	Air	
Layers	1	GMA/MMA sections	Acrylic (predefined)
			-Grading: 0%
			-Thickness:
			-Nominal (μm): 2
			-Range (μm): ± 1.5, tick box
			-Refine via: None
		Epon sections	Generic, n = 1.491 <a href="#">[22]</a>
			-Grading: 0%
			-Thickness:
			-Nominal (μm): 0.5
			-Range (μm): ± 0.15, tick box
			-Refine via: None
	Substrate	Borosilicate glass (BSG)	
Analysis options		Wavelength Range:	
		-Fixed range-From/To: Default-value (nm)	
		Smoothing Optical thickness: 60 μm	
		Source Data:	
		-Analyze using Reflectance 0°, tick box	
		-Analysis method: FFT <sup>a</sup> (thickness only), tick box	
	Advanced	FFT Analysis Window:	
		-No optimization, tick box	
		-FFT Total Thickness: Min. Peak Height: 50%	
Alarms		GMA/MMA sections	Minimum valid GOF: 0
			Layer 1
			Nominal: 2, Min: 0, Max: 1.5
			Minimum valid GOF: 0
		Epon sections	Layer 1
			Nominal: 0.5, Min: 0, Max: 1.6
Acquisition		Measurement Timing	
		-Use recommended sampling time: Unknown (ms)	
		Optics: Contact stage, tick box	
	Advanced	Store Baseline in Recipe, tick box	
		Optics Configuration: Contact stage	
		-Baseline name: Default	
		-Reflectance Standard: BK7	
	Optics	Contact stage, tick box (no Auto Baseline)	

<sup>a</sup>FFT: Fast Fourier Transform

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.t002>

## Results and discussion

### Orthogonal re-embedding of sections mounted on calibration foils

Epon- and GMA/MMA sections adhered well to the ACLAR<sup>®</sup> foil, as well as to the LIST-MA-GETIK<sup>®</sup>, and the Check LINE<sup>®</sup> calibration films. The calibration foils with mounted GMA/MMA- and Epon sections could subsequently be embedded in Epon, and, after polymerization, sectioned without greater difficulties. In some of the orthogonally re-embedded sections,



small tension folds were present at the interfaces of the calibration foil and the surrounding Epon resin (Fig 8A#), and in few locations, the orthogonally re-embedded-sections were also slightly detached from the calibration foil. Therefore, morphometric section thickness measurements were only conducted in areas, where no such folds were present, and where the orthogonally re-embedded section was in direct, flush-even (flat) contact with the calibration foil (Fig 8).

Within the same section, the thicknesses of areas with and without embedded tissue were virtually equal ( $p > 0.05$ ). On the average, the deviation of the thicknesses of section areas with and without embedded tissue were  $1.3 \pm 1.4\%$ ,  $-1.5 \pm 1.7\%$ , and  $-1.9 \pm 1.6\%$  for GMA/MMA sections of 1, 2, and 3  $\mu\text{m}$  nominal thickness, respectively, and  $0.5 \pm 0.9\%$  for Epon sections of 0.5  $\mu\text{m}$  nominal thickness.

The effect of oblique re-embedding on the measured thicknesses of sections could be corrected as described above, using the measured- and the known true thicknesses of the co-sectioned calibration foil. Of note, using flat-embedding molds for orthogonal re-embedding of section-calibration foil stacks usually prevented severe unintended oblique embedding angles. In the present study, the oblique embedding angles ( $\beta$ ), determined as described above, ranged from  $3^\circ$  to  $15^\circ$  ( $10 \pm 2^\circ$ ), referring to an average deviation of the measured and the true section thicknesses of  $2 \pm 2\%$  (range: 0.2% to 3.7%).

## Spectral reflectance measurements

Using the Filmetrics<sup>®</sup> F20 reflectometer as described above, section thickness measurements were performed within approximately one second per measurement and the quality of each single measurement could immediately be evaluated. The more than 1000 single measurements of the present study were performed within less than 4 hours, without any haste. All individual spectral reflectance measurement data of the present study are provided as supporting information (S1 File). Whereas measurements carried out at locations of the section where no embedded tissue was present consistently produced reflectance spectra and FFT-intensity plot curves indicating good data qualities, measurements performed in locations where tissue was present in the section (especially in sections of  $> 2 \mu\text{m}$  nominal section thickness) regularly yielded lower (on the average  $16 \pm 16\%$ ) section thickness measurement values with up to 3.5 times higher inter-measurement variabilities and analysis spectra indicating measurement results of limited reliability (S1 File). The observed ineffectiveness of spectral reflectance measurement for section thickness determination in section areas containing embedded tissue is likely a consequence of the physical operating principle of the method, since the presence of embedded tissue will introduce additional, heterogeneous, and irregularly oriented light-reflecting tissue-plastic interfaces within the plastic section. Therefore, plastic section thickness measurements by spectral reflectance should only be performed in “empty” section areas not containing embedded tissue.

The mean deviation of the 4–6 single section thickness measurement values determined by spectral reflectance measurement in each examined section was  $0.06 \pm 0.05 \mu\text{m}$  in GMA/MMA sections of 1–3  $\mu\text{m}$  nominal section thickness, and  $0.007 \pm 0.008 \mu\text{m}$  in Epon sections of 0.5  $\mu\text{m}$  nominal section thickness. Besides, characterizing the repetitive accuracy of the microtomes used in this study, the thicknesses of individual sections of single series of consecutive sections (sectioned from an individual GMA/MMA- or Epon block with a defined nominal section thickness) determined by spectral reflectance measurement displayed only little inter-section variability (Table 3).

On the average, the thicknesses of GMA/MMA-, respectively of Epon sections determined by spectral reflectance measurement and by light- and/or electron-microscopic measurement

**Table 3.** Mean deviation of spectral reflectance section thickness measurement values in series of (consecutive) plastic sections (inter-section variability of section thickness).

Embedding medium	Nominal section thickness (μm) of series	Mean deviation of single measured section thickness values per section series			
		Mean (μm)	SD (μm)	% of mean	SD (%)
GMA/MMA	1	0.09	± 0.02	9.3	± 1.8
	2	0.09	± 0.04	4.9	± 2.0
	3	0.10	± 0.01	3.7	± 0.3
	1–3	0.09	± 0.02	6.0	± 2.9
Epon	0.5	0.017	± 0.004	3.7	± 1.0

Data are means of the mean deviations of measured individual section thickness values of the sections of different section series. Section thicknesses were determined by spectral reflectance measurements in 150 individual GMA/MMA sections from 5 section series with 1 μm, 2 μm, and 3 μm nominal section thickness and 35 individual Epon sections from 5 section series with 0.5 μm nominal section thickness.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.t003>

**Table 4.** Deviation of section thickness measurement values determined by spectral reflectance measurement and orthogonal re-embedding of (identical) sections.

Embedding medium	Light microscopic measurement of ORE section thicknesses				Electron microscopic measurement of ORE section thicknesses	
	GMA/MMA*		Epon		Epon	
Deviation ORE-SR	Absolute (μm)	% of OTE	Absolute (μm)	% of OTE	Absolute (μm)	% of OTE
Mean	0.01	0.6	0.001	0.3	-0.001	-0.13
SD	±0.04	±2.3	±0.01	±2.4	±0.01	±1.75
Min	-0.06	-3.8	-0.01	-1.9	-0.01	-4.91
Max	0.08	3.7	0.01	3.1	0.02	2.82
p	0.28 (n.s.)	0.34 (n.s.)	0.88 (n.s.)	0.78 (n.s.)	0.93 (n.s.)	0.96 (n.s.)

Data are means of the deviations of section thickness measurement values determined by spectral reflectance measurement and orthogonal re-embedding of (identical) sections.

\* For GMA/MMA sections, the averaged section thickness values of sections of 1, 2, and 3 μm nominal thickness are shown.

ORE: Measured thickness of orthogonally re-embedded section. SR: Section thickness measured by spectral reflectance. SD: Standard deviation. p: p-values of paired student's t-tests.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192879.t004>

of orthogonally re-embedded sections differed only minimally (< 1%), with deviations ranging from -0.01 μm to 0.02 μm in Epon sections of 0.5 μm nominal thickness, respectively from -0.06 to 0.08 μm in GMA/MMA sections of 1–3 μm nominal thickness (Table 4).

In summary, these results demonstrate the suitability of spectral reflectance analysis for determination of thicknesses of plastic-sections. Compared to alternative methods, such as measurement of section thickness in sections of orthogonally re-embedded sections, spectral reflectance analysis has significant advantages. It is much faster, far less work-, and cost-intensive, and, due to its contact-free, non-destructive nature, it can be applied to the identical sections used for subsequent quantitative morphological analysis. The tested plastic-embedding media (Epon and GMA/MMA) and section thicknesses (0.5–3 μm) cover a broad range of possible applications in quantitative stereological studies and are regularly used in physical disector analyses of different tissues [1, 23, 24]. Here, spectral reflectance analysis proved to enable accurate and reliable, uncomplicated, fast and comparably inexpensive determination of plastic section thicknesses, predestining this method to be routinely performed in all types of quantitative stereological analyses estimating parameters depending on the thicknesses of the examined sections. If section thickness determination by spectral reflectance measurement

should not be available, the improved method of orthogonal re-embedding with correction of unintended oblique sectioning described in the present study is recommended.

## Supporting information

**S1 File. Spectral reflectance measurement data.** List of all individual spectral reflectance measurement values of section thickness measurements in the present study. (XLSX)

## Acknowledgments

The authors thank Lisa Pichl, Heidrun Schöl, Claudia Mair and Heike Sperling for excellent technical assistance.

## Author Contributions

**Conceptualization:** Cyrill Matenaers, Bastian Popper, Alexandra Rieger, Rüdiger Wanke, Andreas Blutke.

**Formal analysis:** Andreas Blutke.

**Investigation:** Cyrill Matenaers, Alexandra Rieger, Andreas Blutke.

**Methodology:** Cyrill Matenaers, Bastian Popper, Andreas Blutke.

**Project administration:** Andreas Blutke.

**Software:** Cyrill Matenaers.

**Supervision:** Rüdiger Wanke, Andreas Blutke.

**Validation:** Andreas Blutke.

**Visualization:** Andreas Blutke.

**Writing – original draft:** Cyrill Matenaers, Andreas Blutke.

**Writing – review & editing:** Bastian Popper, Alexandra Rieger, Rüdiger Wanke, Andreas Blutke.

## References

1. Blutke A, Schneider MR, Wolf E, Wanke R. Growth hormone (GH)-transgenic insulin-like growth factor 1 (IGF1)-deficient mice allow dissociation of excess GH and IGF1 effects on glomerular and tubular growth. *Physiol Rep*. 2016; 4(5).
2. Howard CV, Reed MG. *Unbiased Stereology*. 2 nd ed. Coleraine, UK: QTP Publications; 2005.
3. Sterio DC. The unbiased estimation of number and sizes of arbitrary particles using the disector. *J Microsc*. 1984; 134(Pt 2):127–36. PMID: [6737468](#)
4. Albl B, Haesner S, Braun-Reichhart C, Streckel E, Renner S, Seeliger F, et al. Tissue Sampling Guides for Porcine Biomedical Models. *Toxicol Pathol*. 2016; 44(3):414–20. <https://doi.org/10.1177/0192623316631023> PMID: [26883152](#)
5. Baddeley AJ, Gundersen HJ, Cruz-Orive LM. Estimation of surface area from vertical sections. *J Microsc*. 1986; 142(Pt 3):259–76. PMID: [3735415](#)
6. Gundersen HJG, Mirabile R, Brown D, Boyce RW. Stereological Principles and Sampling Procedures for Toxicologic Pathologists. In: Haschek WM, editor. *Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology*. London: Academic Press. INC.; 2013. p. pp. 215–86.
7. Mattfeldt T, Mall G, Gharehbaghi H, Moller P. Estimation of surface area and length with the orientator. *J Microsc*. 1990; 159(Pt 3):301–17. PMID: [2243364](#)
8. Nyengaard JR, Gundersen HJG. The isector: a simple and direct method for generating isotropic, uniform random sections from small specimens. *Journal of Microscopy*. 1992; 165(3):427–31



9. Gundersen HJ. Stereology of arbitrary particles. A review of unbiased number and size estimators and the presentation of some new ones, in memory of William R. Thompson. *J Microsc.* 1986; 143(Pt 1):3–45. PMID: [3761363](#)
10. Kayser K, Borkenfeld S, Carvalho R, Dejounis A, Kayser G. How to analyze Structure and Function in Tissue-based Diagnosis? *diagnostic pathology.* 2016; 2(106):1–22.
11. Gundersen HJ, Bagger P, Bendtsen TF, Evans SM, Korbo L, Marcussen N, et al. The new stereological tools: disector, fractionator, nucleator and point sampled intercepts and their use in pathological research and diagnosis. *APMIS.* 1988; 96(10):857–81. PMID: [3056461](#)
12. Mattfeld T. *Stereologische Methoden in der Pathologie.* Doerr W, Leonhardt H, editors. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag; 1990.
13. Eložory DT, Kramer KA, Chaudhuri B, Bonam OP, Goldgof DB, Hall LO, et al. Automatic section thickness determination using an absolute gradient focus function. *J Microsc.* 2012; 248(3):245–59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.2012.03669.x> PMID: [23078150](#)
14. Bedi KS. A simple method of measuring the thickness of semi-thin and ultra-thin sections. *J Microsc.* 1987; 148(Pt 1):107–11. PMID: [3430583](#)
15. De Groot DM. Comparison of methods for the estimation of the thickness of ultrathin tissue sections. *J Microsc.* 1988; 151(Pt 1):23–42. PMID: [3193455](#)
16. Gschwendtner A, Mairinger T. How thick is your section? The influence of section thickness on DNA-cytometry on histological sections. *Anal Cell Pathol.* 1995; 9(1):29–37. PMID: [7577752](#)
17. Yang GCH, Shea SM. The precise measurement of the thickness of ultrathin sections by a 're-sectioned' section technique. *Journal of microscopy.* 1975; 103(3):385–92.
18. Hind AR, Chomette L. The determination of thin film thickness using reflectance spectroscopy. Application note. Agilent Technologies I. Available from: <https://www.agilent.com/cs/library/applications/uv90.pdf>
19. Flaherty T, O'Connor GM. Application of spectral reflectivity to the measurement of thin-film thickness. *Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering.* 2003; 4876:976–83.
20. Filmetrics. Taking the mystery out of thin film measurements. Tutorial. 2012. Available from: <http://www.che.ufl.edu/unit-ops-lab/experiments/SC/Filmetrics-Tutorial.pdf>.
21. Electron Microscopy Sciences. ACLAR®—Fluoropolymer Films 2017-. Available from: [https://www.emsdiasum.com/microscopy/products/preparation/aclar\\_film.aspx](https://www.emsdiasum.com/microscopy/products/preparation/aclar_film.aspx).
22. Hexion. EPON™ Resin 828 Technical Data Sheet Ohio, USA2005. Available from: <http://www.hexion.com/Products/TechnicalDataSheet.aspx?id=3942>.
23. Blutke A, Borjes P, Herbach N, Pfister K, Hamel D, Rehbein S, et al. Acaricide treatment prevents adrenocortical hyperplasia as a long-term stress reaction to psoroptic mange in cattle. *Vet Parasitol.* 2015; 207(1–2):125–33. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.013> PMID: [25468014](#)
24. Hoeflich A, Weber MM, Fisch T, Nedbal S, Fottner C, Elmlinger MW, et al. Insulin-like growth factor binding protein 2 (IGFBP-2) separates hypertrophic and hyperplastic effects of growth hormone (GH)/IGF-I excess on adrenocortical cells in vivo. *FASEB J.* 2002; 16(13):1721–31. <https://doi.org/10.1096/fj.02-0349com> PMID: [12409314](#)



## **V. Diskussion**

### **V.1 Diskussion des Gegenstands und der Ziele der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, praktikable und akkurate Methoden zur Messung der tatsächlichen Schnittdicke von histologischen Kunststoffschnittpräparaten im Bereich zwischen 0,5 und 3  $\mu\text{m}$  Dicke zu etablieren, die für physikalische Disektoranalysen im Rahmen (lichtmikroskopischer) quantitativ-stereologischer Untersuchungen biologischer Gewebeproben verwendet werden.

Bei physikalischen Disektoranalysen zur Ermittlung der numerischen Volumendichten von partikulären Gewebeelementen (z.B. Zellen) in ihrem entsprechenden Referenzkompartimentvolumen (Gewebe/Organ) ist die Kenntnis der exakten Dicke der untersuchten histologischen Schnittpräparate essentiell, da die Volumina der analysierten Disektoren und dementsprechend die errechneten Schätzwerte der numerischen Volumendichten direkt von der Schnittdicke abhängig sind [3]. Trotz der offensichtlichen Relevanz dieses Umstandes werden in zahlreichen veröffentlichten Arbeiten zu quantitativ-stereologischen Untersuchungen mit dem physikalischen Disektorverfahren entweder keine Angaben dazu gemacht, ob, oder wie Schnittdickenmessungen durchgeführt wurden, oder es werden die Werte der nominellen Schnittdicken, also die am Mikrotom händisch einzustellenden Zahlenwerte des Blockvortriebes zwischen zwei Schnitten, für die Berechnung der Disektorvolumina verwendet [3]. Diese Vorgehensweise ist jedoch aus mehreren Gründen als problematisch anzusehen.

Zum einen kann, auch bei Mikrotomen, deren technische Funktion in regelmäßigen Intervallen gewartet wird, nicht selbstverständlich davon ausgegangen werden, dass die eingestellten (nominellen) Schnittdickenwerte und die tatsächlichen Schnittdicken auch wirklich präzise übereinstimmen und reproduzierbar (unveränderlich) sind, also innerhalb einer Schnittserie nicht von Schnitt zu Schnitt variieren. Für die überwiegende Mehrzahl der Untersuchungen, die an histologischen Schnittpräparaten durchgeführt werden (qualitative histopathologische Begutachtung, immunhistochemische Detektion von Proteinexpressionsmustern im Gewebe, morphometrische (2D) Analysen, etc.) ist dies auch nicht essentiell wichtig. Bei physikalischen Disektoranalysen können aber bereits geringe Abweichungen der nominellen von der tatsächlichen Schnittdicke erhebliche Fehler der Analyseergebnisse bedingen, je nachdem, wie groß diese Abweichung ist, wie groß

die Höhe der analysierten Disektoren ist (Intervall der Anzahl der zwischen Such- und Referenzschnitt liegenden Schnitte der Schnittserie), wie groß die Flächeninhalte der ausgewerteten Testfelder in den Schnitten sind und wie viele Disektoren bei einer Untersuchung ausgewertet werden.

Dementsprechend ist ein Verzicht auf eine Überprüfung der Schnittdicken bei physikalischen Disektoranalysen nicht mit den Grundsätzen einer sorgfältigen wissenschaftlichen Arbeitspraxis vereinbar, insbesondere, weil geeignete Verfahren zur Bestimmung der Schnittdicke verfügbar sind [14, 15, 17, 53, 68]. Erwartungstreue (modellfreie) quantitativ-stereologische Analysemethoden werden von ihren Befürwortern (zurecht) als Goldstandard quantitativ-morphologischer Untersuchungsverfahren in der biomedizinischen Forschung propagiert [3, 6, 26, 34], insbesondere in Abgrenzung zu weniger akkuraten und grundsätzlich mit systematischen Fehlern behafteten analytischen Vorgehensweisen, wie beispielsweise der automatischen digitalen Bildanalyse [2]. Auch vor diesem Hintergrund stellt die Nicht-Überprüfung von Schnittdicken bei physikalischen Disektoranalysen eine prinzipiell nicht zu rechtfertigende Nachlässigkeit dar. Daher ist auch die Frage, ob eine Abweichung der nominellen von der tatsächlichen Schnittdicke überhaupt besteht, und wie hoch diese gegebenenfalls ist, grundsätzlich nur relevant, um die technische Qualität eines Mikrotoms zu bewerten, nicht aber für die physikalische Disektoranalyse, bei der nur die tatsächlichen Schnittdicken ausschlaggebend sind. Tatsächlich existieren zahlreiche Faktoren, die als mögliche Ursache einer Abweichung der nominellen von der tatsächlichen Schnittdicke in Frage kommen könnten [18], wie beispielsweise der Hersteller, das Funktionsprinzip (Schlitten-, Rotations-, Ultramikrotom), die Verarbeitungsqualität und Fertigungsstandards, das Alter, die Auslastung, die Betriebsstundenzahl und die Wartungsintervalle des verwendeten Mikrotoms, der Aufstellungsort des Mikrotoms (Temperatur, Luftfeuchtigkeit), die Stabilität (Erschütterungsfreiheit) des Aufstellungsortes, die individuelle Bedienung durch das technische Personal, die Härte/Elastizität des verwendeten histologischen Einbettungsmediums, das Alter des zu schneidenden Blockes, die Art des eingebetteten Gewebes (z.B. Fett- versus Knochengewebe) die Größe der eingebetteten Gewebeprobe und selbstverständlich das Material, das Alter und die Schärfe der verwendeten Mikrotomklinge.

In der Vergangenheit publizierte Studien beschrieben herkömmliche Verfahren zur Schnittdickenmessung oft im Zusammenhang mit der Bestimmung von Schnittdicken

von Ultradünnschnittpräparaten für transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen [14, 15, 17, 68], oder im Rahmen von DNA-zytometrischen Analysen an Paraffinschnittpräparaten [16]. Schnittdickenmessungen im Rahmen quantitativ-stereologischer Disektoranalysen auf lichtmikroskopischer Ebene wurden hingegen regelmäßig nur in publizierten Studien weniger Arbeitsgruppen beschrieben [9, 10, 13]. In der vorliegenden Arbeit wurden daher zwei neue, unterschiedliche Methoden zur Dickenmessung histologischer Schnittpräparate für lichtmikroskopische, physikalische Disektoranalysen erprobt und etabliert. Erstens, eine Methode mit der der Messfehler der beim konventionellen Verfahren der orthogonalen Wiedereinbettung (OWE) [14-17, 68] durch eine unbeabsichtigte Schiefeinbettung des OWE-Schnittes bedingt sein kann, durch Verwendung einer miteingebetteten Kalibrierungsfolie bekannter Dicke korrigiert werden kann, und zweitens, die Verwendung eines kommerziell vertriebenen optisch-spektralen Reflektometriegerätes (F-20 Spektralreflektometer, Filmetrics®, San Diego, USA) [20] zur kontaktfreien Dünnschichtmessung der Dicken von (Kunststoff)- Schnittpräparaten. In präliminären Untersuchungen konnte bereits die prinzipielle Eignung beider Verfahren zur Schnittdickenmessung von Glycolmethacrylat/Methylmethacrylat (GMA/MMA) -Schnitten mit einer Schnittdicke von  $\sim 1 \mu\text{m}$  gezeigt werden [54].

## **V.2 Diskussion des gewählten experimentellen Ansatzes und der angewandten Methoden**

Beim konventionellen Verfahren der **orthogonalen Wiedereinbettung (OWE)** zur Schnittdickenbestimmung wird ein Vertikalschnitt des Schnittes angefertigt, dessen Dicke bestimmt werden soll [4, 14-17]. Zur Anfertigung des Vertikalschnittpräparates wird der zu untersuchende Schnitt orthogonal zu seiner ursprünglichen Orientierung in ein (Kunststoff)-Einbettungsmedium (wieder)-eingebettet und geschnitten. Die Dicke des Schnittes kann dann im Vertikalschnitt des OWE-Schnittes vermessen werden. Bei einer (unbeabsichtigten) Schiefeinbettung des OWE-Schnittes (d.h. einer Abweichung von einer orthogonalen Schnittebene) liefert die OWE-Methode jedoch fehlerbehaftete Messwerte [68]. Um zu verhindern, durch Messung der Schnittdicke an schief getroffenen Stellen des OWE-Schnittes fehlerhafte Schnittdickenwerte zu erhalten, wurden in der Vergangenheit die Schnittdickenmessungen an den jeweils „dünnsten“ Stellen der Vertikalschnittprofile eines OWE-Schnittes durchgeführt (weil

die tatsächliche Dicke eines Schnitts in einem exakt orthogonalen Vertikalschnittpräparat dieses Schnitts durch dessen minimale Breite abgebildet wird). Der methodische Ansatz zur Korrektur des Messfehlers, der beim konventionellen OWE-Verfahren durch eine unbeabsichtigte Schiefeinbettung des OWE-Schnittes bedingt sein kann, bestand in der vorliegenden Arbeit darin, den wiedereinzubettenden OWE-Schnitt planparallel auf eine **Kalibrierungsfolie** mit bekannter Dicke aufzuziehen und diesen „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“ dann als Ganzes (wieder)-einzubetten und möglichst orthogonal zu schneiden [18]. Im entstehenden Vertikalschnitt kann dann die tatsächliche Dicke des (eventuell schief angeschnittenen) OWE-Schnittes („*true section thickness*“,  $ts$ ) anhand seiner im Vertikalschnitt gemessenen (scheinbaren) Dicke („*measured section thickness*“,  $mts$ ) und der gemessenen Dicke der miteingebetteten Kalibrierungsfolie („*measured foil thickness*“,  $mt_F$ ) unter Berücksichtigung der tatsächlichen Dicke der Kalibrierungsfolie („*true foil thickness*“,  $tf$ ) mit einfacher Dreiecksgeometrie errechnet (siehe Abbildung 5 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertation [18]) werden. Hierbei wird auch der Winkel der (unbeabsichtigten) Schiefeinbettung (d.h. der Grad der Abweichung von der beabsichtigten Vertikalschnittebene des „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapels“ berechnet.

Das Gelingen der Methode hängt im Wesentlichen davon ab, dass OWE-Schnitt und Kalibrierungsfolie während des Einbettungsprozesses planparallel miteinander verbunden bleiben, damit sie im gleichen Winkel geschnitten werden (i). Hierzu müssen der OWE-Schnitt (hier: Epon- oder GMA/MMA) und die Kalibrierungsfolie sich vergleichbar gut mit dem verwendeten Einbettungsmedium (hier: Epon) verbinden. Dabei muss das Kalibrierungsfolienmaterial stabil und chemisch inert sein (ii), damit sich die Folie bei der Einbettung nicht wellt und sich die (echte) Dicke der Folie während des Einbettungsprozesses nicht ändert. Das bedeutet, dass die Kalibrierungsfolie sich durch Kontakt zum Einbettungsmedium, oder zu anderen Chemikalien, die bei der Einbettung verwendet werden bzw. bei den bei der Polymerisierung des Kunststoffmediums auftretenden Temperaturen, nicht auflösen darf bzw. angelöst wird, oder Falten bildet, oder schrumpft. Schließlich muss sich das verwendete Kalibrierungsfolienmaterial am Mikrotom gut schneiden lassen (iii), um qualitativ hochwertige (technisch einwandfreie) Vertikalschnitte der „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“ zu erstellen, an denen die Dickenmessungen durchgeführt werden können. Die Dicke der verwendeten Kalibrierungsfolie sollte grundsätzlich

größer sein, als die der untersuchten OWE-Schnitte, um Messfehler bei der Bestimmung der gemessenen Schnittdicken im Vertikalschnitt zu minimieren (die bei geringen Dicken „stärker-ins-Gewicht-fallen“ würden). Die Foliendicke muss außerdem zur angewandten Mikroskopiemethode passen, mit der die Vertikalschnittpräparate untersucht werden sollen (iv), damit die gesamte Höhe des Vertikalschnittes des „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapels“ bei adäquater Vergrößerung ganz in ein Gesichtsfeld hineinpasst (siehe Abbildung 8 der publizierten Originalarbeit [18] zur vorliegenden Dissertationsschrift). Demzufolge werden zur Erstellung von TEM-Vertikalschnitten dünnere Kalibrierungsfolien verwendet werden müssen als für Schnitte, die lichtmikroskopisch analysiert werden. Schließlich muss die Dicke der Kalibrierungsfolie mit einer ausreichenden Messgenauigkeit (Toleranz) angegeben sein, die eine hinreichend präzise Bestimmung der Dicke der OWE-Schnitte gestattet (v). Im Rahmen von Vorversuchen wurden geeignete Kalibrierungsfolien identifiziert, die diese Bedingungen (i-v) erfüllen [54]. Zur lichtmikroskopischen Dickenmessung von Semidünn-(vertikal)-schnitten von Epon-eingebetteten OWE-Schnitten (Epon- bzw. GMA/MMA-Schnitte) wurde eine klar-transparente, flexible, biochemisch inerte, hitzestabile und wasserundurchlässige Fluoropolymer-Folie, mit einer nach Herstellerangabe nominellen Dicke von 198  $\mu\text{m}$  verwendet (ACLAR<sup>®</sup>, Plano GmbH, Deutschland), die normalerweise als (Proben)-Trägermaterial in der Transmissionselektronenmikroskopie verwendet wird und deren Volumen sich bei Epon-Einbettung nur minimal (<2%) verändert [93]. Bevor die ACLAR<sup>®</sup>-Folie als Kalibrierungsfolie zur Schnittdickenbestimmung mit dem verbesserten OWE-Verfahren verwendet wurde, wurde ihre Dicke in Vertikalschnitten an mehr als 70 Stellen verifiziert (mittlere Foliendicke =  $198 \pm 1,8 \mu\text{m}$ ) [18].

Für TEM-Dickenmessung von in Epon-eingebetteten OWE-Schnitten (Epon- bzw. GMA/MMA-Schnitte) an Ultradünn-(Vertikal)-Schnittpräparaten wurden verschiedene kommerziell vertriebene Kalibrierungsfolien (Kalibrierfolien Set 1120, LIST-MAGETIK GmbH, Leinfelden-Echterdingen, Deutschland bzw. CPS-100 Certified Shim Set SCU100-0025, Check LINE1 Europe GmbH & Co KG, Gronau, Deutschland) mit geeichten Dicken und Toleranzen ( $32 \pm 1 \mu\text{m}$  und  $49 \pm 1 \mu\text{m}$  bzw.  $12,5 \pm 0,1 \mu\text{m}$  und  $24,5 \pm 0,4 \mu\text{m}$ ) verwendet, die normalerweise in der Fertigungstechnik genutzt werden. Diese aus flexiblem Plastikmaterial bestehenden Folien sind ebenfalls leicht schneidbar und inert gegenüber Wasser, Alkohol und Azeton. Die orthogonal wiedereinzubettenden Epon- bzw. GMA/MMA Schnitte ließen sich im Wasserbad

faltenfrei auf die verwendeten Kalibrierungsfolien aufziehen (siehe Abbildung 7 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]), wobei die Haftung der Schnitte auf den Kalibrierungsfolien nach dem Trocknen zwar meist ausreichend, aber weniger stark war, als bei auf Glasobjektträgern aufgezogenen Schnitten. Eine festere Haftung der OWE-Schnitte auf der Kalibrierungsfolie konnte, falls notwendig, mit einem winzigen Tropfen Sekundenkleber erreicht werden, der dazu in einem Bereich weit abseits der später auszuwertenden Vertikalschnittebene des „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“ appliziert wurde. Darüber hinaus erwies sich die Verwendung von Flacheinbettungsformen für die Einbettung der „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“ in Epon als vorteilhaft, um Vertikalschnitte von faltenfreien planparallelen „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapeln“ anzufertigen [18]. Nach Etablierung der technischen Vorgehensweisen und der geeigneten Materialien konnte die verbesserte OWE-Methode erfolgreich zur akkuraten licht- und elektronenmikroskopischen Schnittdickenmessung von Epon- und GMA/MMA Schnitten und zur simultanen Bestimmung des Wiedereinbettungswinkels der „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“ verwendet werden. Hierbei wurden die Stellen, an denen die Dickenmessungen im Vertikalschnitt des „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapels“ durchgeführt wurden systematisch zufällig bestimmt [18], um Messergebnisse ohne systematische Fehler zu erhalten, die durch eine willkürliche Festlegung der Messstellen entstehen könnten. Der zeitliche Aufwand für die Messungen lag beim verbesserten OWE-Verfahren nur unwesentlich höher als bei der konventionellen OWE-Methode ohne Kalibrierungsfolien. Mit einem standardmäßigen PC-Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft® Excel) konnten die (wahren) Schnittdicken und Einbettungswinkel ohne nennenswerten Aufwand in kürzester Zeit aus den im Vertikalschnitt gemessenen scheinbaren Dicken des OWE-Schnittes und der Kalibrierungsfolie sowie der tatsächlichen Kalibrierungsfoliendicke berechnet werden. Der Effekt einer möglichen **Überprojektion** bei schief angeschnittenen OWE-Vertikalschnitten (siehe Abbildung 4 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]) wurde bei der Schnittdickenberechnung nicht berücksichtigt, da dieser bei den verwendeten Schnittdickenbereichen der Ultradünnschnitte der vertikal eingebetteten OWE-Schnittpräparate (~70 nm) und den aufgetretenen Einbettungswinkeln (durchschnittlich  $10^\circ \pm 2^\circ$  Abweichung von der Orthogonalen) lediglich gering ist. Allerdings kann die Auswirkung der Überprojektion auf die gemessene Schnittdicke eines schief eingebetteten OWE-Schnitts mit zunehmender



Dicke der untersuchten Vertikalschnitte schnell erheblich größer sein, als es der alleinige Effekt der Schiefeinbettung (bei einem infinitesimal dünnen Vertikalschnittpräparat) wäre. Der Effekt der Überprojektion (vergleiche Abschnitt III.4.3) auf die mit dem OWE-Verfahren erhaltenen Schnittdickenmesswerte verdient daher eine eingehendere Betrachtung und Diskussion. Die Zusammenhänge zwischen nicht-orthogonaler Schiefeinbettung des OWE-Schnittes, Überprojektion und Dicke der analysierten Vertikalschnittpräparate beim OWE-Verfahren zur Schnittdickenbestimmung werden hierzu in Abbildung 11 nochmals schematisch veranschaulicht.

**Abbildung 11** (folgende Seite). **Schematische Darstellung des Beitrags von Schiefeinbettungs- und Überprojektionseffekten auf die gemessenen Schnittdicken von OWE-Schnitten verschiedener Dicke in verschieden dicken Vertikalschnittpräparaten.** Das dargestellte Beispiel zeigt einen 1  $\mu\text{m}$  dicken OWE-Schnitt, mit einer 10° Abweichung des Einbettungs- bzw. Anschnittswinkels von der Orthogonalen (entsprechend den bei Verwendung von Flacheinbettungsformen durchschnittlich auftretenden Abweichungen von  $10 \pm 2^\circ$  [18]). Die tatsächliche, wahre Schnittdicke des OWE-Schnittes von 1,0  $\mu\text{m}$  ist durch einen schwarzen Doppelpfeil bzw. Balken angezeigt. Der rote Doppelpfeil zeigt die gemessene Schnittdicke des 10° schief eingebetteten OWE-Schnittes in einem unendlich dünnen Vertikalschnitt. Die allein durch die Schiefeinbettung des OWE-Schnittes bedingte Abweichung der gemessenen von der wahren Schnittdicke des OWE-Schnittes ist durch einen roten Balken angezeigt. Die grünen bzw. blauen Doppelpfeile zeigen die Schnittdicken des OWE-Schnittes an, die als Effekt der unterschiedlichen Überprojektion in einem 70 nm dicken (Ultradünn)-Vertikalschnitt bzw. in einem 0,5  $\mu\text{m}$  dicken (Semidünn)-Vertikalschnitt gemessen werden würden. Die durch die Überprojektion bedingten Abweichungen der gemessenen Schnittdicken des OWE-Schnittes von seiner tatsächlichen Dicke in den 70 nm bzw. 0,5  $\mu\text{m}$  dicken Vertikalschnitten ist durch grüne bzw. blaue Balken angezeigt. Die rein durch die Schiefeinbettung bedingte absolute Abweichung der gemessenen von der echten Schnittdicke des OWE-Schnittes steigt mit dem Grad der Schiefeinbettung und der Dicke des OWE-Schnittes (der relative Anteil dieser Abweichung an der wahren Schnittdicke ist aber, bei gegebenem Winkel der Schiefeinbettung, gleichbleibend, da unabhängig von der absoluten Schnittdicke des OWE-Schnittes). Die rein durch die Überprojektion bedingte absolute Abweichung der gemessenen von der echten Schnittdicke des OWE-Schnittes hingegen ist bei gegebenem Schiefeinbettungswinkel gleichbleibend und nicht abhängig von der (echten) Dicke des OWE-Schnittes, sondern nur von der Dicke des untersuchten Vertikalschnittpräparats des OWE-Schnittes. Abbildung: Cyrill Matenaers, 2020.

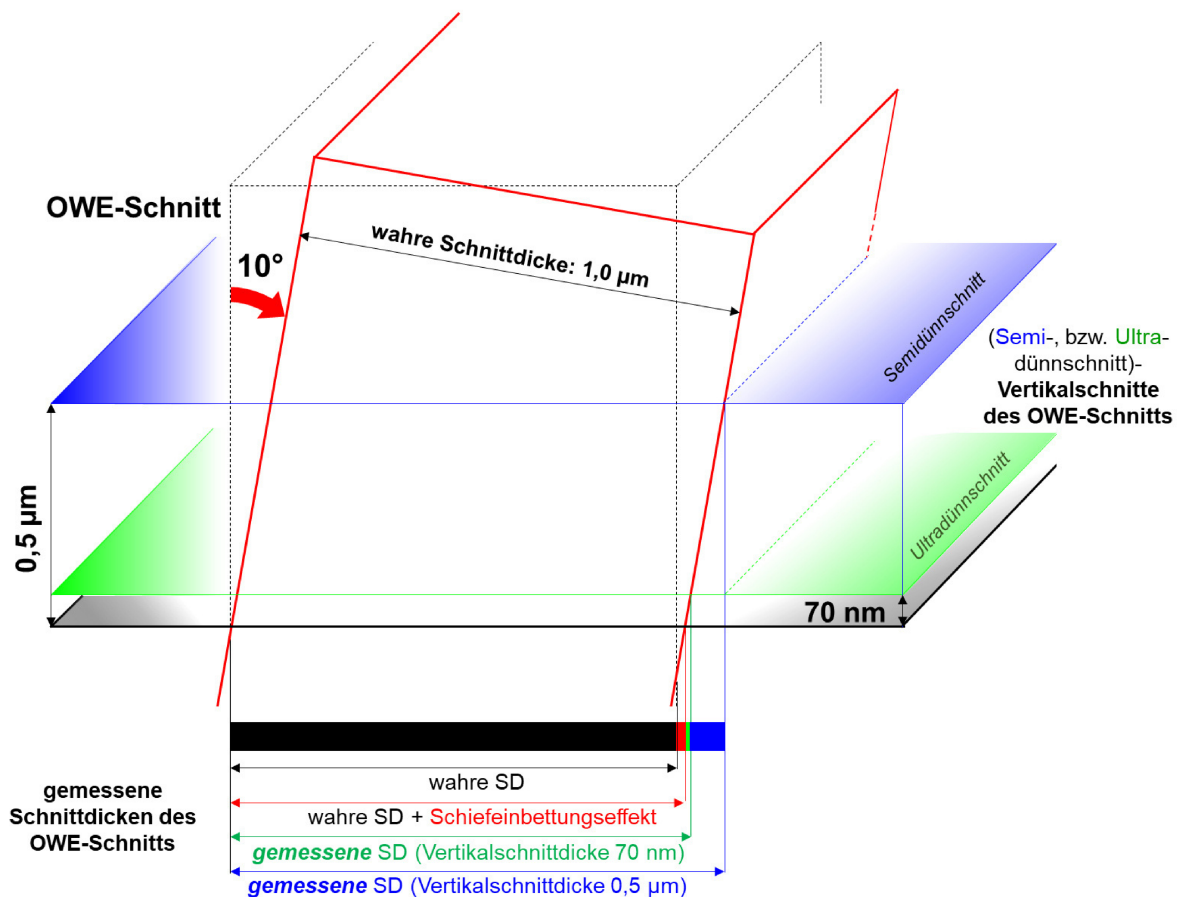


Tabelle 1 (Anhang, Abschnitt IX) zeigt die für den in Abbildung 11 dargestellten Fall (10° schief eingebetteter OWE-Schnitte von 0,5 µm bis 3 µm (echter) Dicke; Vertikalschnittpräparate von 70 nm bzw. 0,5 µm Dicke) berechneten Effekte der Überprojektion auf die jeweils gemessenen Schnittdicken. Hieraus ist ersichtlich, dass die Überprojektion das Ergebnis der gemessenen OWE-Schnittdicken bereits in semidünn geschnittenen Vertikalschnitten (0,5 µm) erheblich beeinflusst. In ultradünn (~70 nm) geschnittenen Vertikalschnittpräparaten (unabsichtlich) schief wieder eingebetteter OWE-Schnitte (i. Ber. von Abweichungen von ~10°) mit wahren Dicken von 0,5 µm bis 3 µm führt die Überprojektion aber lediglich zu geringen Verfälschungen der Schnittdickenmessergebnisse im Bereich von 0,2% bis 0,4% der gemessenen Vertikalschnittdicke (der absolute, rein durch Überprojektion bedingte Messfehler ist dabei unabhängig von der Dicke des OWE-Schnitts). Prinzipiell besteht keine Möglichkeit, den Überprojektionseffekt bei der OWE-Schnittdickenmethode ohne Zuhilfenahme eines weiteren unabhängigen Schnittdickenmessverfahrens zu erkennen bzw. wirksam zu korrigieren, da dies nur mit Kenntnis der tatsächlichen Schnittdicke des untersuchten Vertikalschnittpräparates des OWE-Schnitts gelingen

würde. Die einzige Möglichkeit Überprojektionseffekte bei der OWE-Schnittmethodenmethode wirksam zu verhindern liegt also in der Verwendung möglichst dünner Vertikalschnittpräparate. Insgesamt hängt die Genauigkeit, mit der Schnittdicken mit dem (verbesserten) OWE-Verfahren bestimmt werden können also vom Grad der Schiefeinbettung des OWE-Schnitts, der Messgenauigkeit der morphometrischen Dickenmessung des OWE-Schnitt-Anschnittprofils, dem Toleranzbereich der Dickenangabe der Kalibrierungsfolie und von der Dicke (Überprojektion) des untersuchten Vertikalschnittpräparats des OWE-Schnittes ab.

Zusätzlich zur Verwendung von Flacheinbettungsformen ist es daher grundsätzlich empfehlenswert, Schnittdickenbestimmungen mit dem (verbesserten) OWE-Verfahren, auch auf Grund der höheren Messgenauigkeit von Längenmessungen bei hohen Vergrößerungen, stets durch transmissionselektronenmikroskopische Analysen an ultradünn geschnittenen Vertikalschnittpräparaten durchzuführen.

Zur Schnittdickenbestimmung von Epon- und GMA/MMA Schnitten für physikalische Disektoranalysen mit dem Verfahren der **optischen spektralen Reflektometrie** wurde ein von der Firma Filmetrics® erworbenes Reflektometer vom Typ F20 mit zugehöriger Software verwendet [20]. Das System besteht aus dem kompakt gebauten Messgerät, welches auch die Lichtquelle (etwa 375-3000 nm Wellenlänge) und den Detektor beherbergt, und die über lichtleitende Fiberglaskabel mit dem Messtisch verbunden ist, auf den die Schnittpräparate zur Schnittdickenmessung gelegt werden (siehe Abbildung 9 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18] und Abbildung 10 im Literaturteil, Abschnitt III.5). Der Winkel der Lichtaustrittsöffnung des Fiberglaskabels relativ zur Oberfläche des Messtisches (=Einfallswinkel des Lichtes auf die Schnittoberfläche) wird durch die Halterung des Fiberglaskabels im Messtisch festgelegt und fixiert. Zur Messung wird der auf einen Objektträger aufgezoogene, ungefärbte, nicht eingedeckte (ohne Deckglas) Schnitt händisch über der Lichtauslassöffnung des Fiberglaskabels positioniert, die einen Durchmesser von 0,25 Millimeter besitzt. Dies gelingt problemlos, insbesondere wenn die Position der weitestgehend transparenten Schnitte auf dem Objektträger vorher durch Umrandung mit einem dünnen wasserfesten Stift gekennzeichnet wurde. So konnten die Schnittdickenmessungen der untersuchten Epon- bzw. GMA/MMA-Schnitten an jeweils mehreren verschiedenen Stellen eines Schnittes (in Bereichen mit und ohne Gewebe) durchgeführt werden. Die zur Schnittdickenberechnung notwendigen Refraktionsindices von GMA/MMA bzw. Epon ( $\sim 1,5$ ) wurden der Literatur

entnommen [51] und in die Messprotokolle eingegeben. Für das Trägermaterial (Objektträger) wurden die in der F20-Software hinterlegten Materialeigenschaften von Borosilikatglas verwendet. Nach Festlegung der geeigneten Geräteeinstellungen für die zu untersuchenden Schnittpräparate (siehe Tabelle 2 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]) konnten die Messungen nach Kalibrierung des Gerätes mit einem Reflexionsstandard und „leeren“ Objektträgern (ohne aufgezoogene Schnittpräparate) innerhalb kürzester Zeit durchgeführt werden (weniger als eine Sekunde pro Messung). Neben den errechneten Schnittdickenwerten stellt die Analysesoftware das gemessene Reflexionsspektrum in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes sowie die gemessenen und die erwarteten schnell-Fourier transformierten (fast-Fourier transformed, FFT) Reflexionsspektren dar, die zur Beurteilung der Qualität, d.h. der technischen Einwandfreiheit der Messung dienen.

Nach Ermittlung geeigneter Kalibrierungsfolien für das verbesserte OWE-Verfahren und der Anpassung der Geräteeinstellungen des F20-Reflektometers an die verwendeten Kunststoffeinfettungsmedien (GMA/MMA und Epon) und die zu messenden Schnittdickenbereiche, wurden beide Methoden zur Bestimmung der Schnittdicken einer großen Anzahl von GMA/MMA- und Epon-Schnittpräparaten verschiedener (nomineller) Schnittdicken ( $\sim 0,5$  bis  $3\ \mu\text{m}$ ) verwendet [18]. Die verbesserte OWE-Methode zur Schnittdickenbestimmung wurde dabei als Referenzverfahren verwendet, um damit die mit dem Reflektometer an den identischen Schnittpräparaten ermittelten Schnittdickenmessungen zu evaluieren. Hierbei wurde auch ein möglicher Einfluss des Alters unterschiedlicher GMA/MMA- und Epon-Präparate (Lagerdauer der Gewebeblöcke im Archiv) und der Einfluss der Messstelle im Schnittpräparat (mit oder ohne Gewebeanschnitt) bei der spektral-reflektometrischen (SR) Schnittdickenmessung berücksichtigt [18].

Die **experimentelle Vorgehensweise** sollte dabei sicherstellen, dass die mit dem verbesserten OWE-Verfahren und die mit der SR-Methode an identischen bzw. an gleichzeitig hergestellten Schnitten einer Schnittserie gemessenen Schnittdickenmesswerte auch tatsächlich miteinander vergleichbar sind, d.h. dass die mit der einen oder der anderen Methode gemessene Dicke eines individuellen Schnittes repräsentativ für den gesamten untersuchten Schnitt ist. Die experimentelle Vorgehensweise ist schematisch in Abbildung 6 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift dargestellt [18]. Zur Herstellung repräsentativer

GMA/MMA- und Epon-Testschnittpräparate verschiedener Dicken wurden jeweils 5, unterschiedlich lange gelagerte (1-10 Jahre), nach identischen Protokollen hergestellte GMA/MMA- bzw. Epon-blöcke eingebetteter muriner Nierengewebeproben mit etwa gleichen Block- und Probenvolumen aus dem Archivmaterial des Instituts für Tierpathologie der LMU verwendet. Durch die Verwendung einer hohen Anzahl unterschiedlich alter Blöcke sollte ein möglicher Einfluss von zufälligen Variationen der Materialeigenschaften der Einbettungsmedien bei verschiedenen Einbettungsterminen bzw. von unterschiedlich langen Lagerungsdauern der Präparate auf die Schnittdickenmessergebnisse adressiert werden. Murines Nierengewebe wurde lediglich deswegen verwendet, weil das Archiv des Institutes für Tierpathologie eine große Anzahl von gleichartig prozessierten (perfusionsfixierten) Proben dieses Gewebetyps aus anderen vorangegangenen Studien verfügt [9, 13, 54, 94]. Um systematische Fehler der Schnittdickenmessungen zu minimieren, die durch eine willkürliche Auswahl der zu messenden Schnittpräparate und der Messstellen innerhalb dieser Schnitte bedingt sein könnten, wurden von jedem Block Schnittserien konsekutiver, paralleler, technisch einwandfreier Schnitte mit unterschiedlichen nominellen Schnittdicken (1, 2, 3 µm für GMA/MMA-Blöcke und 0,5 µm bei Epon-Blöcken) erstellt, aus denen jeweils zwei Schnitte systematisch zufällig ausgewählt wurden. Dabei wurden die GMA/MMA- bzw. Epon-Schnittserien jeweils einer nominellen Schnittdicke stets von der gleichen Person, am jeweils gleichen, technisch einwandfrei funktionierenden (Ultra)-Mikrotom (kein Gerätewechsel) geschnitten. Bei den Epon-Semidünnschnittserien wurde darauf geachtet, dass alle Schnitte einer Serie die gleiche Interferenzfarbe aufwiesen. Direkt nach dem Schneiden wurden die systematisch-zufällig ausgewählten **GMA/MMA-Schnitte** einer Schnittserie (noch auf dem Wasserstreckbad) vorsichtig und in zufälliger Orientierung in zwei etwa gleich große Teile geteilt, die beide Anteile von Gewebe enthielten. Eine Hälfte des Schnittes wurde zur Schnittdickenmessung mit der verbesserten OWE-Methode mit einer geeigneten Kalibrierungsfolie zusammen orthogonal wieder in Epon eingebettet. Die Schnittdickenmessung erfolgte dann wie beschrieben lichtmikroskopisch am HE- bzw. Toluidinblau-gefärbten Vertikalschnitt des orthogonal wiedereingebetteten „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapels“. Die Schnittdicke der OWE-Schnitte wurde an jeweils sechs verschiedenen, systematisch zufällig bestimmten Lokalisationen (mit etwa 150 µm Abstand) bestimmt (3 mit und 3 ohne Gewebe), in denen der OWE-Schnitt der Kalibrierungsfolie direkt, planparallel und

faltfrei auf. Die jeweils zweite GMA/MMA-Schnitthälfte wurde zur SR-Schnittickenbestimmung auf einen Glasobjektträger aufgezogen. Die übrigen (ungeteilten) Schnitte der Schnittserie wurden ebenfalls auf Glasobjektträger aufgezogen, um ihre Schnitticke mit den SR-Verfahren zu bestimmen. In den aufgezogenen GMA/MMA-Schnittpräparaten (ganze und halbe Schnitte) wurden die Schnitticken an sechs systematisch zufällig bestimmten gewebefreien Lokalisationen mit der SR-Methode gemessen. Zusätzlich wurden jeweils sechs weitere SR Messungen an Stellen des Schnittes mit Gewebeanschnitten durchgeführt, um den Effekt des Vorhandenseins von Gewebe auch auf das Ergebnis der SR-Schnittickenmessung zu erfassen.

Bei **Eponschnitten** war ein Zerteilen der Schnitte aufgrund der kleinen Anschnittsflächengröße praktisch nicht durchführbar. Daher wurde die Schnittickenbestimmung mit dem verbesserten OWE-Verfahren an den zwei systematisch zufällig aus jeder Epon-Semidünnschnittserie ausgewählten ungeteilten Schnitten durchgeführt. Die Schnittickenbestimmung der Epon-Semidünnschnitte mit der SR- und der verbesserten OWE-Methode konnte also nicht an den identischen Schnitten durchgeführt werden. Eine zeitlich versetzte Analyse der Schnitticke eines einzigen Epon-Semidünnschnitts mit der SR-Methode und danach mit der (verbesserten) OWE-Methode wäre nicht möglich gewesen, da sich ein auf einen Objektträger aufzogener Schnitt nach dem Trocknen praktisch nicht wieder vom Objektträger ablösen lässt. Um eine einheitliche Dicke der einzelnen Epon-Semidünnschnitte innerhalb einer Schnittserie zu gewährleisten wurde deswegen beim Schneiden der Schnittserie am Ultramikrotom darauf geachtet, dass alle Schnitte der Serie die gleiche Interferenzfarbe, also Dicke, hatten. Die Schnittickenmessungen der Eponschnitte mit dem verbesserten OWE-Verfahren erfolgte analog zu den GMA/MMA-Schnitten auf transmissionselektronen- und auf lichtmikroskopischer Ebene. Dabei wurden jeweils geeignete Kalibrierungsfolien verschiedener Dicke verwendet und die Messungen an jeweils 3-6 systematisch-zufällig ausgewählten Lokalisationen (in gewebefreien Schnittbereichen und in Schnittarealen mit Gewebe) des Schnittes durchgeführt (mit einem Abstand von 10-50  $\mu\text{m}$  bei transmissionselektronenmikroskopischer Schnittickenbestimmung bzw. mit 150  $\mu\text{m}$  Abstand bei lichtmikroskopisch analysierten Vertikalschnitten der wiedereingebetteten „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapel“).

Mit der **SR-Methode** wurden die Schnittdicken der auf Objektträger aufgezogenen Epon-Schnittpräparate, analog zu den GMA/MMA-Schnitten, an jeweils sechs systematisch zufällig bestimmten gewebefreien Lokalisationen, und entsprechend in gewebehaltigen Lokalisationen gemessen. Die Schnittdicken der einzelnen Schnitte wurden aus den Mittelwerten der einzelnen Schnittdickenmesswerte eines einzelnen Schnittes errechnet, die mit einer Messmethode (verbesserte OWE-Methode oder SR-Methode) innerhalb bzw. außerhalb von im Schnitt befindlichen Gewebeanschnitten bestimmt wurden [18].

### V.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der mit der verbesserten OWE-Methode durchgeführten Schnittdickenmessungen zeigen, (i) dass die Schnittdicken von individuellen GMA/MMA- und Epon-Schnitten (in sämtlichen untersuchten nominellen Schnittdicken) in Bereichen mit und ohne eingebettetem Gewebe praktisch gleich waren ( $p > 0,05$ ) mit Abweichungen von weniger als  $\pm 2\%$ . Das Vorhandensein eingebetteten Gewebes besitzt also keinen Einfluss auf die Dicke des Kunststoff-Schnittes, im Gegensatz zu Paraffinschnittpräparaten, die eine unregelmäßige, „gebirgspanoramaartige“ Oberfläche besitzen, die der lokalen (sub-)zellulären und extrazellulären Gewebezusammensetzung des Gewebeschnittes entspricht (siehe hierzu auch Abschnitt III.3). Dieses Ergebnis bestätigt damit die Befunde, die bei den rasterelektronenmikroskopischen Analysen von Schnittpräparaten von GMA/MMA- bzw. Epon-eingebetteten Gewebeproben erhoben wurden (siehe hierzu Abbildung 2 H-L der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]). Der Effekt einer unbeabsichtigten Schiefeinbettung bei der Herstellung von Vertikalschnittpräparaten der OWE-Schnitte auf die Verfälschung des Ergebnisses der Schnittdickenmessung konnte durch sorgfältige Arbeitsweise und die Verwendung von Flacheinbettungsformen sehr gering gehalten werden. So betrug der Grad der Abweichung des Einbettungswinkels von der (idealen) Orthogonalen in den analysierten Vertikalschnitten lediglich zwischen  $3^\circ$  und  $15^\circ$ , mit einem durchschnittlichen (schiefeinbettungsbedingten) Messfehler von  $2 \pm 2\%$  (von  $0.2\%$  bis  $3.7\%$ ) der tatsächlichen Schnittdicke [18].

Insbesondere in  $2\ \mu\text{m}$  und  $3\ \mu\text{m}$  dicken GMA/MMA-Schnitten waren die mit dem SR-Verfahren ermittelten Schnittdicken, die in Schnittbereichen die Gewebe enthielten gemessen wurden, im Schnitt um  $16 \pm 16\%$  niedriger und wiesen bis zu 3,5-fach höhere

Schwankungen (zwischen verschiedenen Messungen) auf, als die Schnittdickenwerte, die in gewebefreien Bereichen der selben Schnittpräparate gemessen wurden [18]. Auch die in gewebehaltigen Schnittbereichen detektierten Reflexionsspektren und FFT-Intensitätsplots wiesen auf eine eingeschränkte Qualität der entsprechenden Messungen hin [18]. Diese Befunde deuten darauf hin, dass das SR-Verfahren nicht geeignet ist, die Dicke von Schnittpräparaten in Schnittbereichen zu messen, die Gewebeprobenanschnitte enthalten. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt im physikalischen Funktionsprinzip der SR-Schnittdickenmessung begründet. Die Anwesenheit von Gewebe im Schnitt führt dazu, dass das Licht beim Durchdringen des Schnittes nicht nur an seiner Ober- und Unterseite reflektiert wird, sondern an einer Vielzahl zusätzlicher, unterschiedlich orientierter, irregulärer Grenzflächen zwischen dem gewebefreien Einbettungsmedium und dem eingebetteten Gewebe mit anderen, variablen, unbekannten Lichtbrechungsindices.

Im Unterschied hierzu zeigten die SR-Schnittdickenmessergebnisse die in den 4-6 verschiedenen gewebefreien Lokalisationen eines Schnittes bestimmt wurden nur minimale Abweichungen, die bei GMA/MMA Schnitten mit 1-3  $\mu\text{m}$  nomineller Dicke durchschnittlich nur  $0,06 \pm 0,05 \mu\text{m}$  betrug und bei Eponschnitten mit 0,5  $\mu\text{m}$  nomineller Dicke bei  $0,007 \pm 0,008 \mu\text{m}$  lag [18]. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Schnittdicken in den gewebefreien Schnittarealen einheitlich waren (wie auch bei den OWE-Schnittdickenbestimmungen) und dass die Messstellen bei der Schnittdickenbestimmung mit dem SR-Verfahren in gewebefreien Schnittlokalisationen liegen sollten. Die mit dem SR-Verfahren in gewebefreien Schnittarealen bestimmten Schnittdickenwerte der einzelnen Schnitte einer Schnittserie wiesen sowohl bei Epon-, als auch bei GMA/MMA-Schnittpräparaten unterschiedlicher nomineller Schnittdicken nur minimale mittlere Schwankungen auf, durchschnittlich  $0,09 \pm 0,02 \mu\text{m}$  bei GMA/MMA-Schnitten bzw.  $0,017 \pm 0,004 \mu\text{m}$  bei Epon-Schnitten (siehe Table 3 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift). Diese Ergebnisse zeigen, dass mit den zur Herstellung der Schnittserien verwendeten Mikrotomen die Herstellung von Schnittserien gleichbleibender Schnittdicke möglich war. Dies bestätigt die Qualität der verwendeten Mikrotome, beinhaltet aber noch keine Aussage zu den tatsächlichen individuellen Schnittdicken der hergestellten Schnittpräparate und zur Übereinstimmung mit den jeweiligen nominellen Schnittdicken. Zu diesem Zweck wurden die mit dem verbesserten OWE-Verfahren gemessenen (mittleren) individuellen Schnittdicken mit



den mit dem SR-Verfahren ermittelten Schnittdicken der identischen Schnitte (bei GMA/MMA-Schnitten) bzw. mit den Schnittdicken der übrigen Schnitte der jeweiligen Schnittserie (bei Epon-Schnitten) verglichen. Die mit dem verbesserten OWE-Verfahren und der SR-Methode gemessenen Schnittdicken wichen sowohl bei Epon- als auch bei GMA/MMA-Schnitten nur minimal, im Durchschnitt unter 1%, voneinander ab. Bei Epon-Schnitten mit 0,5 µm nomineller Schnittdicke schwankten die absoluten Abweichungen der OWE- und SR-Schnittdickenmessergebnisse lediglich zwischen -0,01 µm bis 0,02 µm. Bei GMA/MMA-Schnitten mit nominellen Schnittdicken von 1-3 µm lagen die absoluten Abweichungen zwischen -0,06 und 0,08 µm (siehe Table 4 der publizierten Originalarbeit zur vorliegenden Dissertationsschrift [18]). Diese Ergebnisse zeigen, dass sich das SR-Verfahren hervorragend für Schnittdickenmessungen von GMA/MMA- und Epon-Schnittpräparaten von 0,5 bis 3 µm Dicke eignet, da es präzise und reproduzierbare Messergebnisse liefert und eine kontaktfreie, schnelle Schnittdickenmessung von bereits auf Objektträger aufgezogenen Schnitten gestattet (die danach gefärbt und histologisch bzw. quantitativ-stereologisch analysiert werden können). In der publizierten Originalarbeit wurde absichtlich darauf verzichtet, die gemessenen Schnittdicken bzw. die Abweichung der gemessenen Schnittdicken von den nominellen, am Mikrotom eingestellten Schnittdickenwerten anzugeben. Dies geschah, weil diese Angabe lediglich dazu geeignet wäre, eine Aussage über die Genauigkeit der nominellen Schnittdickeneinstellung bei den in der Studie verwendeten (individuellen) Mikrotomen zu machen. Zur Beurteilung der Eignung eines beliebigen Verfahrens zur Schnittdickenmessung, oder im Hinblick auf quantitativ-stereologische Analysen ist die Angabe der Abweichungen der tatsächlichen von den nominellen Schnittdicken jedoch grundsätzlich irrelevant, da sie bestenfalls für ein individuelles Mikrotom gelten und auch keineswegs sichergestellt ist, dass diese Abweichungen zeitlich und/oder beim Schneiden verschiedener Gewebepblöcke unveränderlich bleiben. Dem dennoch daran interessierten Leser sei verraten, dass die mittlere tatsächliche Schnittdicke der Epon-Schnitte, die mit einer nominellen Schnittdicke von 0,5 µm geschnitten wurden, in der vorliegenden Studie  $0,450 \pm 0,027$  µm betrug (entsprechend einer mittleren Abweichung von etwa -10%), und die von GMA/MMA-Schnitten mit nominellen Schnittdicken von 1, 2 und 3 µm bei  $0,955 \pm 0,139$  µm,  $1,804 \pm 0,143$  µm und  $2,673 \pm 0,124$  µm (mittleren Abweichungen von etwa -5%, -10% und -11% entsprechend).



## **V.4 Diskussion der Praktikabilität der untersuchten Schnittdickenmessverfahren, Schlussfolgerungen und Ausblick**

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit belegen die Eignung des verwendeten F-20 SR-Gerätes (Fa. Filmetrics®, San Diego, USA) zur einfachen und zügigen Durchführung von Schnittdickenmessungen von GMA/MMA- und Epon-Schnittpräparaten und mit präzisen und reproduzierbaren Ergebnissen [18].

Die einfache Bedienung des Messgeräts und Durchführung der Messungen und der geringe Zeitaufwand für die Messungen stellen hierbei besondere Vorteile gegenüber herkömmlichen Schnittdickenmessverfahren dar. Beispielsweise wurden die insgesamt mehr als 1000 SR-Messungen, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgenommen wurden, bequem und ohne Hast in nur etwa 3½ Stunden durchgeführt (siehe Abschnitt IX, Anhang, Ergänzende Daten zur Originalarbeit, Supplemental file S1 [18]). Durch die Berührungsfreiheit der SR-Messmethode kann auch die individuelle Schnittdicke von Schnitten gemessen werden, die danach als Such- bzw. Referenzschnitt in der physikalischen Disektoranalyse verwendet werden. Die Anwendung der SR Methode zur Schnittdickenmessung kann damit einen praktischen Beitrag zur Verlässlichkeit der Daten liefern, die in quantitativ-stereologischen Studien mit dem physikalischen Disektorverfahren erhoben werden. Die (Eigen)-Zitationen der 2018 publizierte Originalarbeit [18], die zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Dissertationsschrift (Februar 2020) durch weitere veröffentlichte quantitativ-stereologische Studien [12, 13] vorlagen, können dazu beitragen, dass das SR-Verfahren in zunehmendem Maße zur Schnittdickenmessung bei quantitativ-stereologischen Analysen genutzt wird. Darüber hinaus kann die SR-Methode auch zur (hausinternen) Überprüfung und Qualitätssicherung der Funktion, Präzision und Wiederholungsgenauigkeit von Rotations-, Schlitten- und Ultramikrotomen verwendet werden. Der (Neu)-Anschaffungspreis eines geeigneten SR-Geräts von größenordnungsmäßig etwa 16.000 € (nach Herstellerangabe, Stand 2017) muss, unter Berücksichtigung des zu erwartenden Probenaufkommens, gegenüber der Ersparnis an Materialkosten und aufzuwendender Arbeitszeit bei Anwendung herkömmlicher Schnittdicken-Messverfahren abgewogen werden.

Für sporadische Schnittdickenmessungen empfiehlt sich als brauchbare, wenngleich aufwendigere und wesentlich langsamere Alternativmethode das in der vorliegenden Arbeit vorgestellte verbesserte OWE-Schnittdickenmessverfahren mit Kalibrierungsfolien geeigneter Dicke [18]. Bei Anwendung des verbesserten OWE-

Verfahrens sollten zur Schnittdickenbestimmung transmissionselektronenmikroskopische Ultradünnschnittpräparate von den vertikal eingebetteten „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Stapeln“ angefertigt und untersucht werden, um durch Überprojektionsartefakte (siehe Abschnitt III.4.3 und V.2) bedingte Messfehler zu vermeiden.

## VI. Zusammenfassung

### **Praktikable Methoden zur Dickenmessung histologischer Kunststoffschnittpräparate in quantitativ-stereologischen Analysen mit der physikalischen Disektormethode**

Die Kenntnis der tatsächlichen Dicken histologischer Schnittpräparate ist für bestimmte quantitativ-stereologische Analysemethoden essentiell, wie beispielsweise für die Bestimmung von Zellzahlen mit dem physikalischen Disektorverfahren. In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Methoden zur Messung der Dicke von dünnen (0,5 bis 3  $\mu\text{m}$ ) histologischen Schnittpräparaten von in verbreitet verwendeten Kunststoffmedien (GMA/MMA und Epon) eingebetteten Gewebeproben etabliert und bewertet. Eine herkömmliche Methode zur Bestimmung der Dicke eines Kunststoffschnittes besteht darin, den Schnitt orthogonal zu seiner Schnittebene erneut in Kunststoff einzubetten und die Dicke des Vertikalschnittes des wiedereingebetteten Schnittes zu messen. Dieses Verfahren der orthogonale Wiedereinbettung (OWE) ist jedoch sehr arbeits- und zeitaufwendig, insbesondere bei der Erstellung von transmissions-elektronenmikroskopischen OWE-Schnittpräparaten. Zusätzlich hängt die Richtigkeit des Messergebnisses bei der OWE-Schnittickenmessung davon ab, ob der wiedereingebettete Schnitt tatsächlich orthogonal, oder (versehentlich) schräg eingebettet bzw. geschnitten wird. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit eine Variante der OWE-Methode entwickelt, mit der das Ausmaß einer unbeabsichtigten Schiefeinbettung des wiedereingebetteten Schnittes bestimmt und entsprechend korrigiert werden kann. Hierzu wird der wiedereinzubettende Schnitt (OWE-Schnitt) plan auf eine Kalibrierungsfolie bekannter Dicke verbracht und zusammen mit dieser (orthogonal) in Epon eingebettet und geschnitten. Die tatsächliche Dicke des Epon-OWE-Schnittes und der tatsächliche Wiedereinbettungswinkel des „OWE-Schnitt-Kalibrierungsfolien-Sandwichs“ kann dann aus den gemessenen Dicken der Vertikalschnitte der Kalibrierungsfolie und des OWE-Schnittes, sowie der bekannten tatsächlichen Dicke der Kalibrierungsfolie errechnet werden. In der vorliegenden Arbeit wurden mit dieser Methode die Dicken von mehr als 20 orthogonal wiedereingebetteten GMA/MMA- und Epon-Schnitten mit Licht- und elektronenmikroskopischen Messungen bestimmt. Bei Verwendung von Flach-einbettungsformen betrug die durchschnittliche Abweichung des tatsächlichen Einbettungswinkels von der orthogonalen Schnittebene (bei über 100 Epon-OWE-Schnitten) lediglich zwischen  $3^\circ$  und  $15^\circ$  ( $10 \pm 2^\circ$ ), entsprechend einer Abweichung der

gemessenen von der tatsächlichen Schnittdicke von 0,2% bis 3,7% ( $2 \pm 2\%$ ). Als einfache und zügige Alternative zur OWE-Schnittdickenmessung histologischer Kunststoffschnittpräparate wurde ein auf dem physikalischen Prinzip der spektralen Reflektometrie (SR) beruhendes, kontaktfreies Verfahren zur Dünnschichtdickenmessung getestet. Mit kommerziell erwerbbaaren Spektralreflektometern kann die Dicke von (lichtdurchlässigen) Dünnschichten von Materialien mit bekannten Lichtbrechungsindices bei Durchleuchtung mit Licht definierter Wellenlängenbereiche und Einfallswinkeln durch Messung der an der/den Ober- und Unterseite(n) der Schicht(en) auftretenden Lichtreflexion(en) bestimmt werden. Die Messbereiche erstrecken sich hierbei, abhängig vom untersuchten Material, von wenigen Nanometern bis zu einigen hundert Mikrometern. SR-Geräte werden beispielsweise zur Messung der Dicke von industriell gefertigten Lackschichten, Platinenleitungsbahnen, oder Oberflächenbeschichtungen optischer Linsen und medizinischer Implantate verwendet. In der vorliegenden Arbeit wurde ein F20 Reflektometer der Firma Filmetrics® (San Diego, USA) benutzt, um die Schnittdicken von 150 (ungefärbten) GMA/MMA- und 35 Epon-Schnitten aus jeweils 5 Schnittserien mit nominellen Schnittdicken von 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$  und 3  $\mu\text{m}$  (GMA/MMA) bzw. 0,5  $\mu\text{m}$  (Epon) zu messen, die von unterschiedlich lange gelagerten (Nierengewebe-)Blöcken (Archivmaterial von 2005-2016) angefertigt wurden. Nach Festlegung geeigneter Geräteeinstellungen wurde die Dicke jedes einzelnen Schnittes an 4-6 unterschiedlichen (gewebefreien) Lokalisationen gemessen (insgesamt über 100 Einzelmessungen). Die Werte der innerhalb individueller Schnitte gemessenen Schnittdicken variierten nur minimal ( $0,06 \pm 0,05 \mu\text{m}$  bei GMA/MMA Schnitten und  $0,007 \pm 0,008 \mu\text{m}$  bei Epon-Schnitten), genau wie die gemessenen Schnittdicken unterschiedlicher Schnitte einer Schnittserie (GMA/MMA:  $6,0 \pm 2,9\%$  und Epon:  $3,7 \pm 1,0\%$ ). Durchschnittlich wichen die SR-Schnittdickenmesswerte bei GMA/MMA- und Epon-Schnitten um weniger als 1% von den Schnittdicken ab, die mittels OWE (mit Einbettungswinkelkorrektur) an denselben Schnitten ermittelt wurden. Diese Ergebnisse belegen die hervorragende Eignung des SR-Verfahrens zur berührungsfreien, effizienten Dickenmessung histologischer GMA/MMA- und Epon-Schnitte bei einem geringen Zeitaufwand von nur etwa einer Sekunde pro Messung. Neben Schnittdickenmessungen im Rahmen quantitativ-stereologischer Analysen kann das SR-Verfahren auch zur Überprüfung der nominellen Schnittdicken und der Wiederholungsgenauigkeit der Schnittdicken bei Mikrotomen eingesetzt werden.

## VII. Summary

### **Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses**

The accuracy of quantitative stereological analysis tools such as the physical disector method for estimation of *e.g.*, cell numbers, substantially depends on the precise determination of the thickness of the analyzed histological sections. The present study established and evaluated different methods for the determination of the thickness of thin (0.5 to 3  $\mu\text{m}$ ) histological sections of tissue samples embedded in broadly applied plastic resins (glycol methacrylate/methyl methacrylate (GMA/MMA) and diglycidyl ether (Epon)). One conventional method for measurement of histological section thickness is to re-embed the section of interest (in plastic embedding medium) vertically to its original section plane. The section thickness is then measured in a subsequently prepared histological section of this orthogonally re-embedded sample. However, the orthogonal re-embedding (ORE) technique is quite work- and time-intensive, especially, if ultra-thin sections for transmission electron microscopic analyses are prepared. The accuracy of the ORE-technique additionally depends on the precision of the orthogonal embedding, since an unintentionally slightly oblique (non-orthogonal) positioning of the re-embedded sample-section will cause inaccurate section thickness measurement values. To address this problem, an improved variant of the conventional ORE-technique was developed in the present study, allowing for determination of the factual section plane angle of the re-embedded section, and correction of measured section thickness values for oblique (non-orthogonal) sectioning. For this, the analyzed section is mounted flat on a foil of known thickness (calibration foil) and this “ORE-section-calibration foil-stack” is then vertically (re)-embedded and sectioned. The factual thickness and the section angle of the re-embedded section is then calculated from the measured thickness of the re-embedded section and the deviation of the measured thickness of the calibration foil and its factual thickness, using basic geometry. Using this improved ORE-technique, the thicknesses of >20 orthogonally re-embedded GMA/MMA- and Epon-sections were determined by light- and transmission electron microscopic analysis. Using flat-embedding molds for orthogonal re-embedding of the ORE-section-calibration foil-stacks in Epon, the deviation of the actual embedding angle from an ideal orthogonal orientation ranged from only 3° to 15° (average:  $10 \pm 2^\circ$ ), referring to a deviation of the measured and the true section thicknesses of 0.2% to 3.7% (average:  $2 \pm 2\%$ ). To find a practicable, fast,

and accurate alternative to ORE, the present study also evaluated the suitability of spectral reflectance (SR) measurement for contact-free, direct determination of the thicknesses of histological plastic sections in thicknesses that are regularly applied in physical disector analyses. Using spectral reflectometers, the thicknesses of thin-layers (films) of (light-permeable) materials with known refractive indices can be determined from the reflection of light that occurs at the top and bottom surfaces of the film when it is illuminated with light of defined wave length ranges in known angles of incidence. Depending on the examined material, the ranges of thickness measurements range from few nanometers to several hundred microns. Industrial applications of SR e.g., comprise thickness measurements of measure the thicknesses of varnish layers, metallic layers on circuit boards, or coatings of optical lenses and medical implants. In the present study, a commercially available F20 reflectometer (Filmetrics®, San Diego, USA) was used to measure the thicknesses of 150 unstained GMA/MMA sections with nominal section thicknesses of 1, 2, and 3 µm, as well as 35 unstained Epon sections of 0.5 µm nominal thickness. The examined sections were sampled from section series cut from each 5 GMA/MMA and Epon (kidney) tissue blocks that had been stored in the archive of the Institute of Veterinary Pathology for 1-10 years. Subsequent to the establishment of the appropriate instrumental settings of the reflectometer, section thicknesses were determined in 4-6 (tissue-free) measurement locations in each examined section (more than 1000 single measurements in total). The thickness measurements within individual sections did only display a minimal variability ( $0.06 \pm 0.05$  µm in GMA/MMA sections and  $0.007 \pm 0.008$  µm in Epon-sections), as well as the measured section thicknesses of different sections taken from the same section series (GMA/MMA:  $6.0 \pm 2.9\%$  and Epon:  $3.7 \pm 1.0\%$ ). Compared to the measured section thicknesses determined by ORE (with embedding-angle correction) in the same sections, SR measures displayed less than 1% deviation. These results show the applicability of SR to efficiently provide accurate, contact free histological plastic section thickness measurements as a prerequisite for reliable estimates of dependent quantitative stereological parameters. Of note, SR measurements of section thicknesses work peerlessly fast (less than one second per measurement). Additionally to section thickness measurements for quantitative stereological analyses, SR can also be applied to verify the nominal section thicknesses and the repetitive accuracy of microtomes.



## VIII. Literaturverzeichnis

- [1] Wanke R (2016). Quantifizierung in der Morphologie–Wozu und wie? *Nova Acta Leopoldina. NF.* 121: 59-81.
- [2] Brown DL (2017). Bias in image analysis and its solution: unbiased stereology. *J Toxicol Pathol.* 30: 183-191.
- [3] Howard CV and Reed MG (2005). Unbiased Stereology. 2 ed. Coleraine, UK: QTP Publications.
- [4] Sterio DC (1984). The unbiased estimation of number and sizes of arbitrary particles using the disector. *J Microsc.* 134: 127-36.
- [5] Gundersen HJ, Bagger P, Bendtsen TF, Evans SM, Korbo L, Marcussen N, Moller A, Nielsen K, Nyengaard JR and Pakkenberg B (1988). The new stereological tools: disector, fractionator, nucleator and point sampled intercepts and their use in pathological research and diagnosis. *APMIS.* 96: 857-81.
- [6] Gundersen HJ, Mirabile R, Brown D and Boyce RW (2013). Stereological Principles and Sampling Procedures for Toxicologic Pathologists, in: Haschek and Rousseaux's Handbook of Toxicologic Pathology (eds: WM H, CG R and MW W). 215-286. London: Academic Press. INC.
- [7] Mattfeld T (1990). Stereologische Methoden in der Pathologie. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag.
- [8] Blutke A, Borjes P, Herbach N, Pfister K, Hamel D, Rehbein S and Wanke R (2015). Acaricide treatment prevents adrenocortical hyperplasia as a long-term stress reaction to psoroptic mange in cattle. *Vet Parasitol.* 207: 125-33.
- [9] Blutke A, Schneider MR, Wolf E and Wanke R (2016). Growth hormone (GH)-transgenic insulin-like growth factor 1 (IGF1)-deficient mice allow dissociation of excess GH and IGF1 effects on glomerular and tubular growth. *Physiol Rep.* 4.
- [10] Hoefflich A, Weber MM, Fisch T, Nedbal S, Fottner C, Elmlinger MW, Wanke R and Wolf E (2002). Insulin-like growth factor binding protein 2 (IGFBP-2) separates hypertrophic and hyperplastic effects of growth hormone (GH)/IGF-I excess on adrenocortical cells in vivo. *FASEB J.* 16: 1721-31.

- [11] Herbach N, Schairer I, Blutke A, Kautz S, Siebert A, Goke B, Wolf E and Wanke R (2009). Diabetic kidney lesions of GIPRdn transgenic mice: podocyte hypertrophy and thickening of the GBM precede glomerular hypertrophy and glomerulosclerosis. *Am J Physiol Renal Physiol*. 296: 819-29.
- [12] Hofmann I, Kemter E, Theobalt N, Fiedler S, Bidlingmaier M, Hinrichs A, Aichler M, Burkhardt K, Klymiuk N, Wolf E, Wanke R and Blutke A (2019). Linkage between growth retardation and pituitary cell morphology in a dystrophin-deficient pig model of Duchenne muscular dystrophy. *Growth Horm IGF Res*. 51: 6-16.
- [13] Rieger A, Kemter E, Kumar S, Popper B, Aigner B, Wolf E, Wanke R and Blutke A (2016). Missense mutation of POU domain class 3 transcription factor 3 in Pou3f3L423P mice causes reduced nephron number and impaired development of the thick ascending limb of the loop of Henle. *PLoS ONE*. 11: e0158977.
- [14] De Groot DM (1988). Comparison of methods for the estimation of the thickness of ultrathin tissue sections. *J Microsc*. 151: 23-42.
- [15] Bedi KS (1987). A simple method of measuring the thickness of semi-thin and ultra-thin sections. *J Microsc*. 148: 107-11.
- [16] Gschwendtner A and Mairinger T (1995). How thick is your section? The influence of section thickness on DNA-cytometry on histological sections. *Anal Cell Pathol*. 9: 29-37.
- [17] Yang GCH and Shea SM (1975). The precise measurement of the thickness of ultrathin sections by a 're-sectioned' section technique. *Journal of microscopy*. 103: 385–392.
- [18] Matenaers C, Popper B, Rieger A, Wanke R and Blutke A (2018). Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses. *PLoS One*. 13: e0192879.
- [19] Wanke R (1996). Zur Morpho- und Pathogenese der progressiven Glomerulosklerose. Ludwig-Maximilians-Universität München, Habilitationsschrift.
- [20] Filmetrics (2012). Taking the mystery out of thin film measurements. Filmetrics, San Diego, USA. Tutorial.

- [21] Flaherty T and O'Connor GM (2003). Application of spectral reflectivity to the measurement of thin-film thickness. *Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering*. 4876: 976-983.
- [22] Hind AR and Chomette L (2011). The determination of thin film thickness using reflectance spectroscopy. Agilent Technologies Inc., Santa Clara, USA. Application Note.
- [23] Blutke A (2016). Functionally oriented quantitative morphological analyses for characterization of organ alterations in different animal models in biomedical research. Ludwig-Maximilians-Universität München, Habilitationsschrift.
- [24] Wanke R (2002). Stereology--benefits and pitfalls. *Exp Toxicol Pathol*. 54: 163-4.
- [25] Ramage IJ, Howatson AG, McColl JH, Maxwell H, Murphy AV and Beattie TJ (2002). Glomerular basement membrane thickness in children: a stereologic assessment. *Kidney Int*. 62: 895-900.
- [26] West MJ (2012). Introduction to stereology. *Cold Spring Harb Protoc*. 2012.
- [27] Boyce JT, Boyce RW and Gundersen HJ (2010). Choice of morphometric methods and consequences in the regulatory environment. *Toxicol Pathol*. 38: 1128-33.
- [28] Weibel ER (1979). Stereological methods. I. Practical methods for biological morphometry. London: Academic Press.
- [29] Mayhew TM and Gundersen HJ (1996). If you assume, you can make an ass out of u and me': a decade of the disector for stereological counting of particles in 3D space. *J Anat*. 188 ( Pt 1): 1-15.
- [30] Abercrombie M (1946). Estimation of nuclear population from microtome sections. *Anat Rec*. 94: 239-47.
- [31] Weibel ER (1980). Stereological Methods II. Theoretical foundations. London: Academic Press.

- [32] Weibel ER and Gomez DM (1962). A principle for counting tissue structures on random sections. *J Appl Physiol.* 17: 343-8.
- [33] Lane PH, Steffes MW and Mauer SM (1992). Estimation of glomerular volume: a comparison of four methods. *Kidney Int.* 41: 1085-9.
- [34] Boyce RW, Dorph-Petersen KA, Lyck L and Gundersen HJ (2010). Design-based stereology: introduction to basic concepts and practical approaches for estimation of cell number. *Toxicol Pathol.* 38: 1011-25.
- [35] Delesse MA (1847). Procédé mécanique pour déterminer la composition des roches. *C R Acad Sci Paris* 25: 544-545.
- [36] Tschanz S, Schneider JP and Knudsen L (2014). Design-based stereology: Planning, volumetry and sampling are crucial steps for a successful study. *Ann Anat.* 196: 3-11.
- [37] Gundersen HJ and Jensen EB (1987). The efficiency of systematic sampling in stereology and its prediction. *J Microsc.* 147: 229-63.
- [38] Albl B, Haesner S, Braun-Reichhart C, Streckel E, Renner S, Seeliger F, Wolf E, Wanke R and Blutke A (2016). Tissue Sampling Guides for Porcine Biomedical Models. *Toxicol Pathol.* 44: 414-20.
- [39] Baddeley AJ, Gundersen HJ and Cruz-Orive LM (1986). Estimation of surface area from vertical sections. *J Microsc.* 142: 259-76.
- [40] Blutke A and Wanke R (2018). Sampling Strategies and Processing of Biobank Tissue Samples from Porcine Biomedical Models. *J Vis Exp.*
- [41] Mattfeldt T, Mall G, Gharehbaghi H and Moller P (1990). Estimation of surface area and length with the orientator. *J Microsc.* 159: 301-17.
- [42] Mattfeldt T, Mobius HJ and Mall G (1985). Orthogonal triplet probes: an efficient method for unbiased estimation of length and surface of objects with unknown orientation in space. *J Microsc.* 139: 279-89.
- [43] Nyengaard JR and Gundersen HJG (1992). The isector: a simple and direct method for generating isotropic, uniform random sections from small specimens. *Journal of Microscopy.* 165: 427-431

- [44] Gundersen HJ, Bagger P, Bendtsen TF, Evans SM, Korbo L, Marcussen N, Moller A, Nielsen K, Nyengaard JR, Pakkenberg B and et al. (1988). The new stereological tools: disector, fractionator, nucleator and point sampled intercepts and their use in pathological research and diagnosis. *APMIS*. 96: 857-81.
- [45] Nyengaard JR (1999). Stereologic methods and their application in kidney research. *J Am Soc Nephrol*. 10: 1100-23.
- [46] Dorph-Petersen KA, Nyengaard JR and Gundersen HJ (2001). Tissue shrinkage and unbiased stereological estimation of particle number and size. *J Microsc*. 204: 232-46.
- [47] Braendgaard H and Gundersen HJ (1986). The impact of recent stereological advances on quantitative studies of the nervous system. *J Neurosci Methods*. 18: 39-78.
- [48] Herbach N, Bergmayr M, Goke B, Wolf E and Wanke R (2011). Postnatal development of numbers and mean sizes of pancreatic islets and beta-cells in healthy mice and GIPR(dn) transgenic diabetic mice. *PLoS One*. 6: e22814.
- [49] Gundersen HJ (2002). The smooth fractionator. *J Microsc*. 207: 191-210.
- [50] Hermanns W, Liebig K and Schulz LC (1981). Postembedding immunohistochemical demonstration of antigen in experimental polyarthritis using plastic embedded whole joints. *Histochemistry*. 73: 439-46.
- [51] Hexion (2005). EPON™ Resin 828. Technical Data Sheet. <http://www.hexion.com/Products/TechnicalDataSheet.aspx?id=3942>.
- [52] Gundersen HJ (1977). Notes on the estimation of the numerical density of arbitrary profiles: the edge effect. *Journal of Microscopy*. 111: 219-223.
- [53] Blutke A and Popper B (2013). Meßanordnung für die Dicke von Schnittscheiben biologischer Gewebeprobe. Gebrauchsmuster 20 2013 002 655.3; IPC: G01N/06. Eintragung beim deutschen Patent- und Markenamt am 26.03.2013.

- [54] Popper B (2013). Impact of the genetic background on the development of diabetes-associated renal lesions in GIPR<sup>dn</sup> transgenic diabetic mice. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertationsschrift.
- [55] Elozory DT, Kramer KA, Chaudhuri B, Bonam OP, Goldgof DB, Hall LO and Mouton PR (2012). Automatic section thickness determination using an absolute gradient focus function. *J Microsc.* 248: 245-59.
- [56] Bagnell R (2006). Confocal laser scanning microscopy tutorial. MSL microscopy services laboratory, UNC School of Medicine, Chapel Hill, USA. Tutorial.
- [57] Zubkovs V, Antonucci A, Schuergers N, Lambert B, Latini A, Ceccarelli R, Santinelli A, Rogov A, Ciepielewski D and Boghossian AA (2018). Spinning-disc confocal microscopy in the second near-infrared window (NIR-II). *Sci Rep.* 8: 13770.
- [58] Porter KR and Blum J (1953). A study in microtomy for electron microscopy. *Anat Rec.* 117: 685-710.
- [59] Watson ML (1953). A new microtome for thin-sectioning for electron microscopy. *Biochim Biophys Acta.* 10: 1-4.
- [60] Williams M and Meek G (1966). Studies on thickness variation in ultrathin sections for electron microscopy. *Journal of the Royal Microscopical Society.* 85: 337-352.
- [61] Peachey LD (1958). Thin sections. I. A study of section thickness and physical distortion produced during microtomy. *J Biophys Biochem Cytol.* 4: 233-42.
- [62] Cosslett V and Pearson H (1954). An improved X-ray shadow projection microscope. *Journal of Scientific Instruments.* 31: 255.
- [63] Zelander T and Ekholm R (1960). Determination of the thickness of electron microscopy sections. *J Ultrastruct Res.* 4: 413-9.
- [64] Bozzola J and Dee Russell L (1999). Electron microscopy: Principles and Techniques for Biologists. 2 ed.: Jones & Bartlett Learning.
- [65] Reedy MK (1968). Ultrastructure of insect flight muscle. I. Screw sense and structural grouping in the rigor cross-bridge lattice. *J Mol Biol.* 31: 155-76.

- [66] Small JV (1968). Measurement of Section Thickness. *In: Abstracts Fourth European Regional Conference on Electron Microscopy, Rome.* 1, 609-610.
- [67] Huxley HE (1957). The double array of filaments in cross-striated muscle. *J Biophys Biochem Cytol.* 3: 631-48.
- [68] Sakai T (1980). Relation between thickness and interference colors of biological ultrathin section. *J Electron Microsc (Tokyo).* 29: 369-75.
- [69] Punkt K, Krug H and Taubert G (1985). A new system to consider varying section thickness in histophotometry. *Acta Histochem.* 76: 209-12.
- [70] Goldstein D (1967). New method of thickness measurement with the interference microscope. *Nature.* 213: 386-387.
- [71] Hall C and Inoue T (1957). Experimental study of electron scattering in electron microscope specimens. *Journal of Applied Physics.* 28: 1346-1348.
- [72] Weibull C (1972). Estimation of the thickness of films used in electron microscopy. *Zeitschrift für allgemeine Mikrobiologie.* 12: 487-490.
- [73] Edie JW and Karlsson UL (1977). Contrast and quantitation in uniform regions of thin sections using transmission electron microscopy. *Journal of Microscopy.* 111: 179-191.
- [74] Mota M (1960). Sectioning of sections for determination of thickness in electron microscopy. *Melhoramento.* 13: 127-134.
- [75] Phillips R and Shortt T (1964). The “re-sectioned section” technique and its application to studies of the topography and thickness of thin sections. *Journal of the Royal Microscopical Society.* 82: 263-271.
- [76] Tarof LE (1988). Nondestructive III-V epitaxial layer thickness measurements in the visible and near IR by reflectance spectroscopy. *Appl Opt.* 27: 4798-9.
- [77] Harrick NJ and du Pré FK (1966). Effective thickness of bulk materials and of thin films for internal reflection spectroscopy. *Applied optics.* 5: 1739-1743.

- [78] Pasechnik VI (1982). Thickness determination of nonhomogeneous membrane by an optical method. *Biofizika*. 27: 914-915.
- [79] Yoshioka M, Mukai Y, Matsui T, Udagawa A and Funakubo H (1991). Immobilization of ultra-thin layer of monoclonal antibody on glass surface. *Journal of chromatography*. 566: 361-368.
- [80] Huibers PDT and Shah DO (1997). Multispectral Determination of Soap Film Thickness. *Langmuir*. 13: 5995-5998.
- [81] Koch AW (1998). Optische Messtechnik an technischen Oberflächen: praxisorientierte lasergestützte Verfahren zur Untersuchung technischer Objekte hinsichtlich Form, Oberflächenstruktur und Beschichtung. Tübingen: Expert-Verlag.
- [82] Sirohi RS (2017). Introduction to Optical Metrology. Boca Raton, USA: CRC Press.
- [83] Hirth F (2011). Schichtdickenmessung an gedruckten Polymerschichtsystemen. Technische Universität München, Dissertationsschrift.
- [84] Barnes PY, Parr AC and Early EA (1998). Spectral reflectance. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*. NIST Special Publication 250-48.
- [85] Hlubina P (2004). Spectral reflectometry and white-light interferometry used to measure thin films. *Optical Metrology in Production Engineering*, 5457, 756-764.
- [86] Gerhard C and Lay M (2016). Tutorium Optik: Ein verständlicher Überblick für Physiker, Ingenieure und Techniker. Springer Berlin Heidelberg.
- [87] Polyanskiy MN (2020). Refractive index of Glass - BK7. <https://refractiveindex.info/?shelf=3d&book=glass&page=BK7>.
- [88] Nolting W (2013). Grundkurs Theoretische Physik 3: Elektrodynamik. Springer Berlin Heidelberg.



- [89] Sellmeier W (1871). Zur Erkarung der abnormen Farbenfolge im Spectrum einiger Substanzen. *Annalen der Physik und Chemie*. 219: 272-282.
- [90] Polyanskiy MN (2020). Refractive index database. <https://refractiveindex.info>.
- [91] Singh J (2006). Optical Properties of Condensed Matter and Applications. Wiley.
- [92] Palik ED (1998). Handbook of Optical Constants of Solids Subject Index and Contributor Index. Academic Press.
- [93] Electron-Microscopy-Sciences (2017). ACLAR®–Fluoropolymer Films. Product Data Sheet. [https://www.emsdiasum.com/microscopy/products/preparation/aclar\\_film.aspx](https://www.emsdiasum.com/microscopy/products/preparation/aclar_film.aspx).
- [94] Blutke A (2008). Common patterns of glomerular gene expression profiles in different murine models of early nephropathy. Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertationsschrift.



## IX. Anhang

### IX.1 Typische Schiefteinbettungs- und Überprojektionseffekte beim OWE-Verfahren

Tabelle 1. Beitrag von Schiefteinbettungs- und Überprojektionseffekten auf die gemessenen Schnittdicken von OWE-Schnitten verschiedener Dicke in verschieden dicken Vertikalschnittpräparaten.

Echte Dicke der OWE-Schnitte [ $\mu\text{m}$ ]	Einbettungswinkel des OWE-Schnittes (Abweichung von der Orthogonalen)	gemessene Schnittdicke [ $\mu\text{m}$ ] in einem infinitesimal dünnen Vertikalschnitt	Durch Schiefteinbettung bedingter Unterschied zwischen wahrer und gemessener Dicke des OWE-Schnittes		Dicke des Vertikalschnittpräparats des OWE-Schnittes	gemessene Schnittdicke [ $\mu\text{m}$ ]	Unterschied zwischen Wahrer und gemessener Schnittdicke [ $\mu\text{m}$ ]	Durch bedingter Überprojektion Unterschied zwischen wahrer und gemessener Dicke des OWE-Schnittes			
			absolut [ $\mu\text{m}$ ]	als %-Anteil der wahren Schnittdicke des OWE-Schnittes				absolut [ $\mu\text{m}$ ]	als %-Anteil der wahren Schnittdicke des OWE-Schnittes	als %-Anteil der gemessenen Schnittdicke des (schiefeingebetteten) Vertikalschnitts	als %-Anteil des durch Schiefteinbettung und Überprojektion bedingten Unterschiedes zwischen wahrer und gemessener Dicke des OWE-Schnittes
<b>0,5</b>	10°	<b>0,51</b>	<b>0,01</b>	1,5	Ultradünnschnitt [70 nm]	<b>0,52</b>	0,02	<b>0,01</b>	2,5	2,4	61,5
					Semidünnschnitt [0,5 $\mu\text{m}$ ]	<b>0,60</b>	0,10	<b>0,09</b>	17,6	17,3	92,0
<b>1</b>	10°	<b>1,02</b>	<b>0,02</b>	1,5	Ultradünnschnitt [70 nm]	<b>1,03</b>	0,03	<b>0,01</b>	1,2	1,2	44,4
					Semidünnschnitt [0,5 $\mu\text{m}$ ]	<b>1,10</b>	0,10	<b>0,09</b>	8,8	8,7	85,1
<b>2</b>	10°	<b>2,03</b>	<b>0,03</b>	1,5	Ultradünnschnitt [70 nm]	<b>2,04</b>	0,04	<b>0,01</b>	0,6	0,6	28,5
					Semidünnschnitt [0,5 $\mu\text{m}$ ]	<b>2,12</b>	0,12	<b>0,09</b>	4,4	4,3	74,0
<b>3</b>	10°	<b>3,05</b>	<b>0,05</b>	1,5	Ultradünnschnitt [70 nm]	<b>3,06</b>	0,06	<b>0,01</b>	0,4	0,4	21,0
					Semidünnschnitt [0,5 $\mu\text{m}$ ]	<b>3,13</b>	0,13	<b>0,09</b>	2,9	2,9	65,5

Die in der Tabelle angegebenen Zahlenwerte stellen durch einfache Dreiecksgeometrie (Satz des Pythagoras, Trigonometrie, Winkelsummensatz) errechnete Werte für die angenommenen Schiefteinbettungswinkel (80°), OWE-Schnittdicken (0,5  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ ) und Vertikalschnittdicken (70 nm, 0,5  $\mu\text{m}$ ) dar. Die farblichen Hervorhebungen (schwarz, rot, grün, blau) entsprechen den in Abbildung 11 verwendeten Kennzeichnungen der verschiedenen Anteile gemessener Schnittdicken.



## IX.2 Ergänzende Daten zur publizierten Originalarbeit (Supplemental file S1)

### Supplementary data

#### Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses

Cyrril Matenaers<sup>1</sup>, Bastian Popper<sup>2</sup>, Alexandra Rieger<sup>1</sup>, Rüdiger Wanke<sup>1</sup> and Andreas Blutke

<sup>1</sup>Institute for Veterinary Pathology at the Center for Clinical Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany

<sup>2</sup>Department of Anatomy and Cell Biology, Biomedical Center (BMC), Medical Faculty, Ludwig-Maximilians-Universität München, Martinsried, Germany.

#### Single measurement values of spectral reflectance (SR) section thickness measurements in serial GMA/MMA-sections and serial Epon-sections (compare to Fig 6, Fig 9, and Table 2)

##### Examined sections: GMA/MMA-sections

- 5 GMA/MMA-blocks of murine kidney tissue (the different blocks are indicated by their sample-numbers: V-399/11; V-448/06; V-86/08; V-131/12; V-275/05).
- from each GMA/MMA-block three section series were cut at a nominal section thickness (NT) of 1, 2, and 3  $\mu\text{m}$ .
- in each section series, the thicknesses of 10 consecutive sections were measured by spectral reflectance.
- in each individual section, six single measurements were performed in section areas without embedded tissue (OT) and six single measurements were performed in section areas with embedded tissue (IT).

##### Epon-sections

- 5 Epon-blocks of murine kidney tissue (IDs:EL\_5917\_d2; EL\_5544\_c1; EL\_5857\_a1; EL\_5650\_a1; EL\_5401\_4).
- from each Epon-block a series of 10 sections was cut at a nominal section thickness (NT) of 0.5  $\mu\text{m}$ .
- per series, 7 sections were mounted on glass slides. In each of the individual sections mounted on glass slides, 4-6 single measurements were performed in section areas without embedded tissue.

##### Column labeling:

Meas #	measurement N° (consecutive numbering)	
L1 d ( $\mu\text{m}$ )	measured section thickness in $\mu\text{m}$	
GOF	"Goodness Of Fit"- parameter automatically calculated by the software to estimate the validity of the measurement; the GOF is not relevant for the present application	
Recipe	user-defined name(s) of the measurement recipe(s) (depending on the type of film-stack layers, refer to Table 1)	
Date/Time	automatically displayed by the software	
User ID	name of the experimenter	
Sample ID	identification number of the examined section	
	V-XXX/XX	internal ID of GMA/MMA-block
	EL-XXXX_XX	internal ID of Epon-block
	NT X $\mu\text{m}$	nominal thickness of section (0.5, 1, 2, or 3 $\mu\text{m}$ )
	SX-X	individual section of the series (1-10) - single measurement location within this section (1-6)
	OT/IT	measurement location within section area: Out of Tissue (OT) or In Tissue (IT)

SR- measurements in GMA/MMA-sections						
Meas #	L1 d (um)	GOF	Recipe	Date/Time	User ID	Sample ID
1	1,0931	0,53106	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1
2	1,0944	0,55736	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1-1
3	1,1261	0,41864	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1-2
4	1,1239	0,48481	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1-3
5	1,101	0,52029	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1-4
6	1,0872	0,4657	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S1-5
7	1,0215	0,25008	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1
8	1,0392	0,24257	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1-1
9	1,0301	0,18793	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1-2
10	1,0374	0,15862	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1-3
11	1,042	0,19304	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1-4
12	1,0841	0,20481	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S1-5
13	0,97247	0,49753	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2
14	0,97693	0,39257	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2-1
15	0,97004	0,47325	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2-2
16	0,97221	0,44796	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2-3
17	1,1033	0,27777	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2-4
18	1,1276	0,52554	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S2-5
19	0,95201	0,27983	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2
20	0,95704	0,26052	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2-1
21	0,97293	0,23159	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2-2
22	0,97512	0,21257	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2-3
23	0,9743	0,26774	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2-4
24	0,9641	0,23773	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S2-5
25	0,94856	0,50574	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3
26	0,95231	0,29776	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3-1
27	0,89546	0,30811	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3-2
28	1,0294	0,46952	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3-3
29	1,0371	0,26721	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3-4
30	1,0538	0,39351	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S3-5
31	0,96528	0,19309	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3
32	0,94353	0,21822	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3-1
33	1,0377	0,25097	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3-2
34	1,0936	0,28585	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3-3
35	1,0885	0,18282	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3-4
36	1,0236	0,18717	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S3-5
37	1,1538	0,46619	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4
38	1,1636	0,42218	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4-1
39	1,2718	0,56154	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4-2
40	1,2488	0,467	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4-3
41	1,1844	0,36751	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4-4
42	1,1608	0,37668	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S4-5
43	1,1639	0,21585	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4
44	1,1868	0,11863	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4-1
45	1,137	0,22697	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4-2
46	1,1669	0,14121	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4-3
47	1,154	0,19096	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4-4
48	0,5	0,04331	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:42	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S4-5
49	1,1306	0,34452	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5
50	1,0902	0,51387	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5-1
51	1,0806	0,50592	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5-2
52	0,9825	0,52985	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5-3
53	1,2595	0,45561	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5-4
54	1,202	0,41385	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:18	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S5-5
55	1,1469	0,47287	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5
56	1,0345	0,29362	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5-1
57	1,0414	0,2902	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5-2
58	1,0917	0,24212	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5-3
59	1,1336	0,18252	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5-4
60	1,0931	0,29638	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S5-5
61	1,0248	0,48669	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6
62	0,9599	0,57456	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6-1
63	1,0548	0,56845	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6-2
64	1,0233	0,56323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6-3
65	0,9559	0,55788	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6-4
66	0,9025	0,49478	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_oT_S6-5
67	0,90903	0,26617	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S6
68	0,90425	0,29089	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S6-1
69	0,83172	0,1998	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S6-2
70	0,82175	0,15975	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:19	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm_iT_S6-3

71	1,0315	0,28458	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S6-4
72	1,0163	0,29963	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S6-5
73	1,0348	0,6207	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7
74	1,0194	0,51498	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7-1
75	0,97891	0,44999	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7-2
76	0,97578	0,58197	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7-3
77	1,087	0,54281	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7-4
78	1,0123	0,47486	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S7-5
79	0,88864	0,33385	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7
80	0,89001	0,24851	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7-1
81	1,0289	0,33333	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7-2
82	1,0213	0,30365	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7-3
83	0,83195	0,23419	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7-4
84	0,8884	0,2677	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:20	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S7-5
85	0,92768	0,49864	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8
86	0,95872	0,56023	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8-1
87	0,94126	0,56497	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8-2
88	1,0772	0,40943	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8-3
89	1,0518	0,57568	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8-4
90	0,93502	0,52102	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S8-5
91	0,87499	0,25886	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8
92	1,0254	0,33404	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8-1
93	1,0298	0,31758	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8-2
94	0,89889	0,26522	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8-3
95	0,95203	0,3171	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8-4
96	0,95687	0,31647	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:21	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S8-5
97	0,97173	0,55153	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9
98	0,97911	0,56105	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9-1
99	0,97814	0,54503	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9-2
100	0,98186	0,49735	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9-3
101	1,1031	0,46005	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9-4
102	1,1137	0,44114	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S9-5
103	0,97159	0,27686	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9
104	0,96838	0,26538	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9-1
105	0,97035	0,30359	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9-2
106	0,95636	0,33427	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9-3
107	0,91196	0,31544	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9-4
108	0,95047	0,31729	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S9-5
109	0,94084	0,64711	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10
110	0,88036	0,53684	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10-1
111	0,87592	0,54173	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10-2
112	0,88799	0,42153	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:22	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10-3
113	0,88538	0,44258	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10-4
114	0,88689	0,44309	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm oT S10-5
115	0,90935	0,28758	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10
116	0,90836	0,33664	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10-1
117	0,97117	0,39438	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10-2
118	0,96491	0,39175	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10-3
119	0,87355	0,31837	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10-4
120	0,88378	0,32619	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 1 µm iT S10-5
121	2,0799	0,32487	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:23	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1
122	1,9785	0,38201	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1-1
123	1,9359	0,36367	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1-2
124	1,9605	0,31013	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1-3
125	2,0542	0,14891	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1-4
126	2,236	0,3501	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S1-5
127	2,082	0,20274	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1
128	2,096	0,19249	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1-1
129	1,9339	0,04954	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1-2
130	2,1158	0,074	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1-3
131	1,9233	0,17591	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1-4
132	2,0934	0,19481	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:25	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S1-5
133	1,7797	0,34083	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2
134	1,7367	0,46569	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2-1
135	1,8432	0,41906	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2-2
136	1,8314	0,41738	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2-3
137	1,7676	0,48816	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2-4
138	1,9432	0,51129	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S2-5
139	1,7678	0,11223	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2
140	1,7721	0,15323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2-1
141	1,7434	0,13051	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2-2
142	1,761	0,07096	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2-3
143	1,7471	0,20256	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2-4

144	1,7546	0,06677	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:26	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S2-5
145	2,0392	0,44359	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3
146	1,9478	0,49701	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3-1
147	1,939	0,45186	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3-2
148	1,9561	0,48229	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3-3
149	2,1707	0,22869	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3-4
150	2,0685	0,18965	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S3-5
151	1,9033	0,17765	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3
152	1,9248	0,18122	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3-1
153	1,8901	0,07268	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3-2
154	1,9281	0,14474	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3-3
155	1,9251	0,10097	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3-4
156	1,9271	0,13696	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:28	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S3-5
157	1,8945	0,44364	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S4
158	1,8011	0,45086	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S4-1
159	1,931	0,54299	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S4-2
160	1,9216	0,52442	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S4-3
161	1,8724	0,49748	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S4-4
162	1,7597	0,06796	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S4
163	1,8672	0,13373	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S4-1
164	1,7982	0,13816	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S4-2
165	1,712	0,13889	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S4-3
166	1,7632	0,21181	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:29	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S4-4
167	1,6647	0,46163	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5
168	1,7872	0,43916	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5-1
169	1,9065	0,4105	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5-2
170	1,8312	0,39582	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5-3
171	1,779	0,47141	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5-4
172	1,7502	0,49067	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S5-5
173	1,6834	0,17465	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5
174	1,6446	0,16828	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:30	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5-1
175	1,6199	0,26683	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:31	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5-2
176	1,7453	0,14694	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:31	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5-3
177	1,6844	0,09649	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:31	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5-4
178	1,7885	0,11097	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:31	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S5-5
179	1,9097	0,52367	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6
180	1,8964	0,51437	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-1
181	1,9215	0,4983	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-2
182	1,8863	0,52868	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-3
183	1,8356	0,38981	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-4
184	1,816	0,42863	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-5
185	1,7836	0,1403	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S6
186	1,8908	0,2003	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S6-1
187	1,9052	0,21355	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S6-2
188	1,716	0,06718	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S6-3
189	2,1165	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S6-4
190	1,792	0,08867	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:32	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S6-5
191	1,7995	0,45872	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7
192	1,7729	0,44189	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7-1
193	1,793	0,4733	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7-2
194	1,7766	0,44323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7-3
195	1,7748	0,49489	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7-4
196	1,773	0,4716	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S7-5
197	1,7851	0,12825	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-1
198	1,7382	0,19765	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-2
199	1,7895	0,152	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-3
200	1,7796	0,04379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-5
201	1,6418	0,19156	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-6
202	1,6246	0,14722	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:33	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S7-7
203	1,7931	0,4267	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8
204	1,7885	0,42456	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8-1
205	1,7961	0,42763	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8-2
206	1,7828	0,42467	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8-3
207	1,8035	0,37177	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8-4
208	1,7924	0,42308	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S8-5
209	1,7691	0,15648	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8
210	1,7966	0,14378	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:34	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8-1
211	1,7713	0,0545	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8-2
212	1,6988	0,36426	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8-3
213	1,7097	0,35845	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8-4
214	1,7929	0,1519	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm iT S8-5
215	1,5847	0,48366	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S9
216	1,5636	0,47381	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm oT S9-1



217	<b>1,784</b>	0,40986	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S9-2
218	<b>1,7646</b>	0,45087	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S9-3
219	<b>1,7154</b>	0,45269	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S9-4
220	<b>1,7726</b>	0,43291	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S9-5
221	<b>1,7693</b>	0,12136	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9
222	<b>1,7737</b>	0,16244	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9-1
223	<b>1,5903</b>	0,20018	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9-2
224	<b>1,6252</b>	0,15787	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:35	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9-3
225	<b>1,7213</b>	0,183	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9-4
226	<b>1,7179</b>	0,13537	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S9-5
227	<b>1,9059</b>	0,44975	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10
228	<b>1,7776</b>	0,42581	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10-1
229	<b>1,8118</b>	0,3238	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10-2
230	<b>1,77</b>	0,49336	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10-3
231	<b>1,77</b>	0,52493	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10-4
232	<b>1,7774</b>	0,43445	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_oT_S10-5
233	<b>1,75</b>	0,19165	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10
234	<b>1,7604</b>	0,16496	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10-1
235	<b>1,7589</b>	0,22939	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10-2
236	<b>1,7949</b>	0,10675	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10-3
237	<b>1,7703</b>	0,16833	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10-5
238	<b>1,702</b>	0,22534	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:36	Matenaers	V-339/11_NT 2 µm_iT_S10-6
239	<b>2,7295</b>	0,42152	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1
240	<b>2,7835</b>	0,45362	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1-1
241	<b>2,9009</b>	0,36217	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1-2
242	<b>2,9544</b>	0,39925	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1-3
243	<b>2,8289</b>	0,434	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1-4
244	<b>2,9893</b>	0,36384	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S1-5
245	<b>2,8267</b>	0,06673	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1
246	<b>2,847</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:37	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-1
247	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-2
248	<b>2,1256</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-3
249	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-4
250	<b>1,1527</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-5
251	<b>1,151</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-6
252	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:38	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S1-7
253	<b>2,4856</b>	0,40637	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:39	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2
254	<b>2,4987</b>	0,41913	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2-1
255	<b>2,5384</b>	0,38926	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2-2
256	<b>2,4086</b>	0,4095	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2-3
257	<b>2,373</b>	0,41397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2-4
258	<b>2,5403</b>	0,41063	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S2-5
259	<b>2,1529</b>	0,02753	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2
260	<b>2,229</b>	0,04331	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2-1
261	<b>2,2138</b>	0,09106	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2-2
262	<b>2,2021</b>	0,10282	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2-3
263	<b>2,1977</b>	0,08779	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2-4
264	<b>2,2258</b>	0,13872	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S2-5
265	<b>2,6382</b>	0,40787	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3
266	<b>2,6651</b>	0,45628	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3-1
267	<b>2,5547</b>	0,34459	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3-2
268	<b>2,6854</b>	0,46754	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3-3
269	<b>2,7523</b>	0,48379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:40	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3-4
270	<b>2,7819</b>	0,39901	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S3-5
271	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3
272	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3-1
273	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3-2
274	<b>2,8913</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3-3
275	<b>2,8249</b>	0,07393	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3-4
276	<b>2,8715</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:41	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S3-5
277	<b>2,61</b>	0,40212	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:43	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4
278	<b>2,5695</b>	0,41953	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:43	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4-1
279	<b>2,7763</b>	0,40082	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:43	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4-2
280	<b>2,7758</b>	0,45347	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:43	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4-3
281	<b>2,8007</b>	0,45055	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:43	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4-4
282	<b>2,6856</b>	0,43574	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S4-5
283	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4
284	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4-1
285	<b>0,5</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4-2
286	<b>2,581</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4-3
287	<b>2,5122</b>	0,00563	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4-4
288	<b>2,5203</b>	0,08119	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S4-5
289	<b>2,8032</b>	0,41836	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5

290	2,781	0,42922	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5-1
291	2,7716	0,43074	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5-2
292	2,7564	0,40827	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5-3
293	2,8158	0,43703	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5-4
294	2,8494	0,38757	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S5-5
295	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5
296	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5-1
297	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5-2
298	2,5793	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:44	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5-3
299	2,6626	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5-4
300	2,6358	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S5-5
301	2,7194	0,41759	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6
302	2,816	0,30317	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6-1
303	2,7789	0,43366	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6-2
304	2,7231	0,43533	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6-3
305	2,656	0,40637	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6-4
306	2,6648	0,43562	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S6-5
307	2,0945	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6
308	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6-1
309	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6-3
310	2,4904	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6-4
311	2,519	0,0068	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6-5
312	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:45	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S6-6
313	2,6207	0,4088	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7
314	2,5731	0,31336	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7-1
315	2,5298	0,40384	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7-2
316	2,4275	0,46696	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7-3
317	2,6622	0,29977	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7-4
318	2,5717	0,29031	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S7-5
319	2,509	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7
320	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7-1
321	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7-2
322	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7-3
323	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7-4
324	2,4252	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:46	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S7-5
325	2,6059	0,39217	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8
326	2,6508	0,40669	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8-1
327	2,5316	0,46055	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8-2
328	2,535	0,39939	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8-3
329	2,5488	0,37052	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8-4
330	2,6767	0,44393	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S8-5
331	1,1526	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8
332	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8-1
333	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8-2
334	2,5006	0,05561	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8-3
335	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8-4
336	2,1585	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:47	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S8-5
337	2,6641	0,40615	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9
338	2,6221	0,42833	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9-1
339	2,5999	0,3645	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9-2
340	2,6648	0,38869	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9-3
341	2,55	0,39168	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9-4
342	2,6347	0,41079	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S9-5
343	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9
344	2,3849	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:48	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9-1
345	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9-2
346	2,4882	0,379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9-3
347	2,6375	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9-4
348	2,5166	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S9-5
349	2,6932	0,46463	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10
350	2,6998	0,40847	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10-1
351	2,6875	0,45204	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10-2
352	2,6754	0,44412	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10-3
353	2,7403	0,44949	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:49	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10-4
354	2,709	0,44329	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_oT_S10-5
355	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10
356	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10-1
357	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10-2
358	2,5419	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10-3
359	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10-4
360	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 13:50	Matenaers	V-339/11_NT 3 µm_iT_S10-5
361	0,76595	0,63244	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1
362	0,94771	0,53432	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1-1

363	<b>1,0449</b>	0,57549	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1-2
364	<b>1,109</b>	0,55352	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1-3
365	<b>1,113</b>	0,53463	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1-4
366	<b>1,0846</b>	0,46439	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S1-5
367	<b>0,73728</b>	0,27207	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1
368	<b>0,75173</b>	0,26945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1-1
369	<b>0,74123</b>	0,26525	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1-2
370	<b>0,74382</b>	0,31406	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1-3
371	<b>0,97473</b>	0,27947	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1-4
372	<b>1,0348</b>	0,41936	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:07	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S1-5
373	<b>0,89083</b>	0,56098	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2
374	<b>0,88206</b>	0,5197	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2-1
375	<b>0,83759</b>	0,47114	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2-2
376	<b>0,83363</b>	0,52966	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2-3
377	<b>0,90345</b>	0,52506	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2-4
378	<b>0,90104</b>	0,55004	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S2-5
379	<b>0,88261</b>	0,41088	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2
380	<b>0,87819</b>	0,17825	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2-1
381	<b>0,87859</b>	0,16647	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2-2
382	<b>0,87773</b>	0,22547	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2-3
383	<b>0,88612</b>	0,23412	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2-4
384	<b>0,82791</b>	0,2447	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:08	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S2-5
385	<b>0,68078</b>	0,54147	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3
386	<b>0,68733</b>	0,53386	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3-1
387	<b>0,65822</b>	0,48423	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3-2
388	<b>0,67524</b>	0,44792	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3-3
389	<b>0,68354</b>	0,45669	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3-4
390	<b>0,6885</b>	0,4467	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S3-5
391	<b>0,81983</b>	0,34285	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3
392	<b>0,82508</b>	0,35255	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3-1
393	<b>0,81455</b>	0,31619	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3-2
394	<b>0,67039</b>	0,29123	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3-3
395	<b>0,66003</b>	0,31095	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3-4
396	<b>0,62587</b>	0,31243	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S3-5
397	<b>0,98289</b>	0,4897	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4
398	<b>0,87344</b>	0,57542	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4-1
399	<b>1,0276</b>	0,52508	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4-2
400	<b>1,0549</b>	0,50298	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4-3
401	<b>0,94338</b>	0,48744	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4-4
402	<b>0,81752</b>	0,53859	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:09	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S4-5
403	<b>0,89984</b>	0,21387	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4
404	<b>0,88419</b>	0,21361	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4-3
405	<b>0,8213</b>	0,19614	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4-4
406	<b>0,87592</b>	0,20201	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4-5
407	<b>0,82637</b>	0,21066	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4-6
408	<b>0,81859</b>	0,20195	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S4-7
409	<b>0,8871</b>	0,42352	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5
410	<b>0,89233</b>	0,58723	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5-1
411	<b>0,89548</b>	0,44229	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:10	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5-2
412	<b>0,8338</b>	0,50447	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5-3
413	<b>0,83052</b>	0,44711	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5-4
414	<b>0,7589</b>	0,54698	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S5-5
415	<b>0,82496</b>	0,20566	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5
416	<b>0,62044</b>	0,37833	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5-1
417	<b>0,62308</b>	0,38227	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5-2
418	<b>0,55118</b>	0,3704	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5-3
419	<b>0,63615</b>	0,60356	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5-4
420	<b>0,67098</b>	0,40886	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S5-5
421	<b>1,3322</b>	0,53328	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6
422	<b>1,3572</b>	0,51819	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6-1
423	<b>1,2882</b>	0,51334	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6-2
424	<b>1,1942</b>	0,53724	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6-3
425	<b>1,228</b>	0,54423	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6-4
426	<b>1,244</b>	0,57183	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:11	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S6-5
427	<b>1,205</b>	0,21183	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6
428	<b>1,2035</b>	0,17464	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6-1
429	<b>1,2119</b>	0,15887	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6-2
430	<b>1,2178</b>	0,16385	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6-3
431	<b>1,2464</b>	0,19727	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6-4
432	<b>1,2234</b>	0,19225	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S6-5
433	<b>0,90011</b>	0,50957	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7
434	<b>0,90529</b>	0,53004	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7-1
435	<b>0,90212</b>	0,6081	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:12	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7-2

436	<b>0,94447</b>	0,54346	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7-3
437	<b>0,9479</b>	0,53983	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7-4
438	<b>0,94586</b>	0,52308	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S7-5
439	<b>0,88889</b>	0,19383	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7
440	<b>0,88977</b>	0,19015	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7-1
441	<b>0,87519</b>	0,21815	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7-2
442	<b>0,80935</b>	0,34071	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7-3
443	<b>0,81468</b>	0,26673	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7-4
444	<b>0,81865</b>	0,2633	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S7-5
445	<b>0,95679</b>	0,47305	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8
446	<b>0,96425</b>	0,51537	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8-1
447	<b>0,95531</b>	0,50202	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:13	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8-2
448	<b>0,95404</b>	0,47068	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8-3
449	<b>0,96428</b>	0,56296	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8-4
450	<b>0,95455</b>	0,48936	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S8-5
451	<b>0,81997</b>	0,18158	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8
452	<b>0,88324</b>	0,21907	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8-1
453	<b>0,88103</b>	0,3291	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8-2
454	<b>0,87829</b>	0,34036	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8-3
455	<b>0,83718</b>	0,29832	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8-4
456	<b>0,87332</b>	0,32776	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S8-5
457	<b>1,156</b>	0,46677	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9
458	<b>1,1395</b>	0,52503	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:14	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9-1
459	<b>1,2616</b>	0,42938	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9-2
460	<b>1,2169</b>	0,40573	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9-3
461	<b>1,1719</b>	0,34367	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9-4
462	<b>1,0782</b>	0,40383	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S9-5
463	<b>1,1083</b>	0,17138	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9
464	<b>1,1065</b>	0,2217	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9-1
465	<b>1,1238</b>	0,16649	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9-2
466	<b>1,0953</b>	0,19762	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9-3
467	<b>1,1175</b>	0,1769	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9-4
468	<b>1,1653</b>	0,15631	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S9-5
469	<b>0,83422</b>	0,5945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10
470	<b>1,0208</b>	0,51243	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10-1
471	<b>0,97633</b>	0,56726	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10-2
472	<b>0,90535</b>	0,61414	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10-3
473	<b>1,0392</b>	0,74397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:15	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10-4
474	<b>1,1365</b>	0,54786	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_oT_S10-5
475	<b>0,75883</b>	0,22673	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10
476	<b>0,75747</b>	0,25558	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10-1
477	<b>0,75507</b>	0,25559	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10-2
478	<b>0,82029</b>	0,16837	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10-3
479	<b>0,83197</b>	0,15547	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10-4
480	<b>0,89948</b>	0,29539	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 1 µm_iT_S10-5
481	<b>1,673</b>	0,47595	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1
482	<b>1,7886</b>	0,39812	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1-1
483	<b>1,6067</b>	0,49453	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1-2
484	<b>1,6957</b>	0,47136	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1-3
485	<b>1,7817</b>	0,29356	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1-4
486	<b>1,7363</b>	0,57654	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S1-5
487	<b>1,6635</b>	0,13849	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1
488	<b>1,5805</b>	0,20728	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1-1
489	<b>1,6686</b>	0,14105	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1-2
490	<b>1,6858</b>	0,16342	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1-3
491	<b>1,7723</b>	0,15332	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1-4
492	<b>1,6333</b>	0,27022	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:16	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S1-5
493	<b>1,8706</b>	0,41455	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2
494	<b>1,8829</b>	0,38294	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2-1
495	<b>1,7378</b>	0,35236	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2-2
496	<b>1,794</b>	0,48165	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2-3
497	<b>1,75</b>	0,53885	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2-4
498	<b>1,775</b>	0,31242	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S2-5
499	<b>1,7303</b>	0,14237	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2
500	<b>1,7715</b>	0,17856	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2-1
501	<b>1,7197</b>	0,09198	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2-2
502	<b>1,768</b>	0,22301	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2-3
503	<b>1,769</b>	0,24197	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2-4
504	<b>1,8101</b>	0,08592	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S2-5
505	<b>1,769</b>	0,42557	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3
506	<b>1,7967</b>	0,54229	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3-1
507	<b>1,7766</b>	0,50569	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3-2
508	<b>1,8593</b>	0,16003	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:17	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3-3

509	<b>1,6623</b>	0,46863	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3-4
510	<b>1,6256</b>	0,56656	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S3-5
511	<b>1,7419</b>	0,15496	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3
512	<b>1,6962</b>	0,11065	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3-1
513	<b>1,6768</b>	0,11447	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3-2
514	<b>1,6035</b>	0,15489	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3-3
515	<b>1,6727</b>	0,20956	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3-4
516	<b>1,6776</b>	0,33345	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S3-5
517	<b>1,9264</b>	0,53085	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4
518	<b>1,9453</b>	0,47637	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4-1
519	<b>2,042</b>	0,53812	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4-2
520	<b>1,7806</b>	0,49666	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4-3
521	<b>1,6867</b>	0,58042	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4-4
522	<b>1,6845</b>	0,52979	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S4-5
523	<b>1,8315</b>	0,29946	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4
524	<b>1,8603</b>	0,23987	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4-1
525	<b>1,7225</b>	0,12643	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4-2
526	<b>1,8428</b>	0,04884	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4-3
527	<b>1,8895</b>	0,13017	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4-4
528	<b>1,8479</b>	0,16049	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S4-5
529	<b>1,7695</b>	0,37635	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:18	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5
530	<b>1,9282</b>	0,50499	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5-1
531	<b>1,9112</b>	0,43051	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5-2
532	<b>1,81</b>	0,39693	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5-3
533	<b>1,7801</b>	0,48649	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5-4
534	<b>1,7837</b>	0,5002	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S5-5
535	<b>1,8016</b>	0,09289	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5
536	<b>1,7488</b>	0,12864	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5-1
537	<b>1,5971</b>	0,079	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5-2
538	<b>1,7147</b>	0,07552	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5-3
539	<b>1,8183</b>	0,18588	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5-4
540	<b>1,8134</b>	0,18443	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S5-5
541	<b>1,7043</b>	0,487	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6
542	<b>1,7024</b>	0,44049	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6-1
543	<b>1,7125</b>	0,52412	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6-2
544	<b>1,6302</b>	0,41096	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6-3
545	<b>1,6829</b>	0,44798	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6-4
546	<b>1,763</b>	0,52618	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S6-5
547	<b>1,633</b>	0,1246	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6
548	<b>1,6262</b>	0,06584	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6-1
549	<b>1,7147</b>	0,07602	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:19	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6-2
550	<b>1,7277</b>	0,08022	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6-3
551	<b>1,6763</b>	0,24634	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6-4
552	<b>1,6991</b>	0,24665	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S6-5
553	<b>1,6871</b>	0,47691	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7
554	<b>1,7484</b>	0,47725	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7-1
555	<b>1,7261</b>	0,50564	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7-2
556	<b>1,9214</b>	0,4535	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7-3
557	<b>1,9673</b>	0,47183	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7-4
558	<b>1,988</b>	0,28317	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S7-5
559	<b>1,8551</b>	0,1274	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7
560	<b>1,8728</b>	0,14432	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7-1
561	<b>1,7565</b>	0,1142	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7-2
562	<b>1,7382</b>	0,09712	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7-3
563	<b>1,7292</b>	0,07625	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7-4
564	<b>1,7148</b>	0,08389	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:20	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S7-5
565	<b>1,6931</b>	0,51735	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:22	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8
566	<b>1,7079</b>	0,49291	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8-1
567	<b>1,7004</b>	0,34803	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8-2
568	<b>1,6695</b>	0,48514	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8-3
569	<b>1,692</b>	0,44212	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8-4
570	<b>1,6637</b>	0,48169	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S8-5
571	<b>1,5795</b>	0,11992	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8
572	<b>1,6121</b>	0,17239	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8-1
573	<b>1,5463</b>	0,12876	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8-2
574	<b>1,6136</b>	0,04944	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8-3
575	<b>1,4274</b>	0,16627	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8-4
576	<b>1,4291</b>	0,1377	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S8-5
577	<b>1,859</b>	0,37933	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9
578	<b>1,8486</b>	0,31722	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9-1
579	<b>1,8516</b>	0,31927	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9-2
580	<b>1,7524</b>	0,44558	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9-3
581	<b>1,6675</b>	0,38028	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9-4

582	1,7348	0,36858	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:23	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S9-5
583	1,7997	0,08443	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9
584	1,8113	0,2279	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9-1
585	1,9356	0,32593	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9-2
586	1,7635	0,13357	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9-3
587	1,7671	0,09	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9-4
588	1,732	0,12299	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S9-5
589	1,7745	0,47926	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10
590	1,7914	0,41461	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10-1
591	1,7717	0,44939	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10-2
592	1,7641	0,50893	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10-3
593	1,772	0,49615	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10-4
594	1,767	0,47733	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:24	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_oT_S10-5
595	1,7978	0,0804	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10
596	1,7172	0,09904	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10-1
597	1,7558	0,06731	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10-2
598	1,7245	0,04093	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10-3
599	1,8145	0,44384	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10-4
600	1,7206	0,25886	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 2 µm_iT_S10-5
601	3,1042	0,33728	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1
602	3,0842	0,40779	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1-1
603	2,9971	0,37368	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1-2
604	2,9592	0,35906	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1-3
605	2,9193	0,33521	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1-4
606	2,7947	0,28116	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:25	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S1-5
607	3,0197	0,04794	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1
608	3,0719	0,00982	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1-1
609	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1-2
610	2,7677	0,06644	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1-3
611	2,962	0,10003	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1-4
612	2,9586	0,08497	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S1-5
613	2,6075	0,43411	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2
614	2,5936	0,41078	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2-1
615	2,5662	0,42243	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2-2
616	2,6176	0,43444	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2-3
617	2,5893	0,44013	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2-4
618	2,7297	0,41253	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:26	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S2-5
619	2,5726	0,0583	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2
620	2,7136	0,1049	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2-1
621	2,6875	0,13148	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2-2
622	2,7445	0,11943	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2-3
623	2,6796	0,14257	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2-4
624	2,7095	0,18074	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S2-5
625	2,5405	0,43289	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3
626	2,5376	0,46167	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3-1
627	2,5328	0,08393	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3-2
628	2,6993	0,41213	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3-3
629	2,6307	0,42811	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3-4
630	2,6278	0,3463	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S3-5
631	2,4673	0,19172	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3
632	2,5957	0,27172	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3-1
633	2,5942	0,15318	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3-2
634	2,7111	0,0054	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3-3
635	2,5283	0,13564	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3-4
636	2,5654	0,04795	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:27	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S3-5
637	2,4664	0,41948	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4
638	2,5913	0,27624	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4-1
639	2,6255	0,37351	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4-2
640	2,6063	0,41911	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4-3
641	2,6418	0,4124	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4-4
642	2,5718	0,44309	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S4-5
643	2,38	0,01138	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4
644	2,4476	0,0945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4-1
645	2,4433	0,03218	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4-2
646	2,6255	0,14919	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4-3
647	2,7001	0,05312	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4-4
648	2,6845	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_iT_S4-5
649	2,6205	0,37228	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5
650	2,5211	0,41005	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5-1
651	2,4822	0,44001	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5-2
652	2,631	0,41019	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5-3
653	2,6908	0,18663	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5-4
654	2,6941	0,45505	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm_oT_S5-5



655	2,6389	0,05055	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5
656	2,8991	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:28	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5-1
657	2,5957	0,13751	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5-2
658	2,6104	0,16221	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5-3
659	2,5724	0,04488	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5-4
660	2,5394	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S5-5
661	2,8018	0,40856	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6
662	2,824	0,35422	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6-1
663	2,6438	0,41577	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6-2
664	2,6313	0,37671	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6-3
665	2,7726	0,43832	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6-4
666	2,7726	0,42911	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S6-5
667	0,5	0,00241	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6
668	2,6315	0,05502	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6-1
669	2,7393	0,13011	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6-2
670	2,7477	0,09256	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6-3
671	2,5876	0,25345	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6-4
672	2,6581	0,09633	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S6-5
673	2,5666	0,41887	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7
674	2,5086	0,38702	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7-1
675	2,4518	0,42788	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7-2
676	2,608	0,37037	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7-3
677	2,5105	0,41101	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:29	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7-4
678	2,6272	0,39555	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S7-5
679	2,3705	0,0248	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7
680	2,3563	0,03902	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7-1
681	2,5127	0,08622	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7-2
682	2,514	0,13003	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7-3
683	2,5285	0,08935	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7-4
684	2,5563	0,11868	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S7-5
685	2,4864	0,38039	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8
686	2,4624	0,42774	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8-1
687	2,7339	0,37339	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8-2
688	2,7825	0,38262	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8-3
689	2,7328	0,27976	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8-4
690	2,6011	0,41965	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S8-5
691	2,6409	0,00702	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8
692	2,5326	0,09906	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8-1
693	1,9955	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8-2
694	2,492	0,07863	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8-3
695	2,5606	0,05377	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8-4
696	2,6367	0,10477	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S8-5
697	3,016	0,38688	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9
698	2,9488	0,4216	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9-1
699	2,6648	0,43178	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9-2
700	2,6302	0,32547	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9-3
701	2,6237	0,45862	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:30	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9-4
702	2,8184	0,36905	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S9-5
703	2,7831	0,00747	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9
704	0,5	0,00234	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9-1
705	2,6596	0,06334	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9-2
706	2,6872	0,01746	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9-3
707	2,5519	0,10229	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9-4
708	2,4721	0,07914	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S9-5
709	2,485	0,42856	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10
710	2,5617	0,42439	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10-1
711	2,4172	0,45676	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10-2
712	2,6327	0,46349	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10-3
713	2,6568	0,46206	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10-4
714	2,817	0,36438	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm oT S10-5
715	2,3576	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10
716	2,6598	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10-1
717	2,4098	0,0178	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10-2
718	2,3829	0,08408	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10-3
719	2,417	0,01611	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10-4
720	2,412	0,03691	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:31	Matenaers	V-448/06_NT 3 µm iT S10-5
721	1,206	0,5261	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:38	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1
722	1,2282	0,51858	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:38	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1-1
723	1,2191	0,50596	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:38	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1-2
724	1,2669	0,49687	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1-3
725	1,273	0,52744	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1-4
726	1,2705	0,53888	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm oT S1-5
727	1,278	0,19196	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08_NT 1 µm iT S1

728	<b>1,2457</b>	0,14832	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S1-1
729	<b>1,2091</b>	0,1423	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S1-2
730	<b>1,224</b>	0,14631	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S1-3
731	<b>1,2612</b>	0,24812	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S1-4
732	<b>1,258</b>	0,30076	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S1-5
733	<b>0,9081</b>	0,52317	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2
734	<b>0,91194</b>	0,4982	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2-1
735	<b>0,963</b>	0,50627	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2-2
736	<b>0,98259</b>	0,51806	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2-3
737	<b>0,95646</b>	0,32653	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2-4
738	<b>0,94692</b>	0,35152	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S2-5
739	<b>0,9561</b>	0,36172	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2
740	<b>0,95643</b>	0,35513	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2-1
741	<b>0,95382</b>	0,3566	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2-2
742	<b>0,95882</b>	0,40152	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2-3
743	<b>0,96268</b>	0,35946	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2-4
744	<b>0,94699</b>	0,39272	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S2-5
745	<b>0,76779</b>	0,5524	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3
746	<b>0,83551</b>	0,57086	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3-1
747	<b>0,87403</b>	0,51306	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3-2
748	<b>0,83158</b>	0,56801	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3-3
749	<b>0,76795</b>	0,5734	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3-4
750	<b>0,75117</b>	0,54923	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S3-5
751	<b>0,81618</b>	0,15265	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3
752	<b>0,81757</b>	0,33982	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:39	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3-1
753	<b>0,81779</b>	0,36382	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3-2
754	<b>0,76507</b>	0,36113	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3-3
755	<b>0,81331</b>	0,33085	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3-4
756	<b>0,81774</b>	0,33267	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S3-5
757	<b>0,94736</b>	0,52058	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4
758	<b>0,95082</b>	0,51523	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4-1
759	<b>0,95153</b>	0,53256	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4-2
760	<b>0,95516</b>	0,50553	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4-3
761	<b>0,95568</b>	0,53198	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4-4
762	<b>0,95359</b>	0,47622	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S4-5
763	<b>0,94461</b>	0,2826	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4
764	<b>0,9607</b>	0,2573	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4-1
765	<b>0,89059</b>	0,27479	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4-2
766	<b>0,89764</b>	0,31872	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4-3
767	<b>0,90148</b>	0,32195	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4-4
768	<b>0,89082</b>	0,32612	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S4-5
769	<b>0,96334</b>	0,56305	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5
770	<b>0,98052</b>	0,5713	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5-1
771	<b>0,98017</b>	0,59275	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5-2
772	<b>0,9679</b>	0,56925	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5-3
773	<b>0,95752</b>	0,56321	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5-4
774	<b>0,96791</b>	0,564	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S5-5
775	<b>0,90216</b>	0,32873	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5
776	<b>0,87884</b>	0,19575	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5-1
777	<b>0,9013</b>	0,21059	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5-2
778	<b>0,90028</b>	0,28314	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5-3
779	<b>0,90038</b>	0,30254	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5-4
780	<b>0,89801</b>	0,26096	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:40	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S5-5
781	<b>1,0817</b>	0,57769	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6
782	<b>1,0496</b>	0,58864	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6-1
783	<b>1,0557</b>	0,56409	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6-2
784	<b>1,0865</b>	0,55973	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6-3
785	<b>1,0837</b>	0,57682	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6-4
786	<b>1,0825</b>	0,55445	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S6-5
787	<b>1,1443</b>	0,25935	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6
788	<b>1,1226</b>	0,31766	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6-1
789	<b>1,1203</b>	0,34833	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6-2
790	<b>1,1166</b>	0,32129	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6-3
791	<b>1,1176</b>	0,33575	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6-4
792	<b>1,1236</b>	0,35144	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S6-5
793	<b>0,97448</b>	0,71134	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7
794	<b>0,97101</b>	0,67684	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7-1
795	<b>0,97174</b>	0,67091	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7-2
796	<b>0,97714</b>	0,64362	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7-3
797	<b>0,97442</b>	0,641	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7-4
798	<b>0,97073</b>	0,67065	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S7-5
799	<b>0,89333</b>	0,38239	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7
800	<b>0,89464</b>	0,37707	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7-1



801	<b>0,89258</b>	0,37019	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7-2
802	<b>0,89112</b>	0,40029	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7-3
803	<b>0,88611</b>	0,37001	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7-4
804	<b>0,80413</b>	0,03402	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S7-5
805	<b>1,1215</b>	0,51825	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8
806	<b>1,1018</b>	0,52017	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8-1
807	<b>1,0984</b>	0,52327	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8-2
808	<b>1,0882</b>	0,35747	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8-3
809	<b>1,048</b>	0,58129	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8-4
810	<b>1,082</b>	0,50162	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S8-5
811	<b>1,0449</b>	0,30975	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8
812	<b>0,98014</b>	0,29168	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8-1
813	<b>1,0436</b>	0,2244	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8-2
814	<b>1,0425</b>	0,27419	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:41	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8-3
815	<b>1,0343</b>	0,24004	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8-4
816	<b>1,0308</b>	0,252	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S8-5
817	<b>0,89843</b>	0,51111	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9
818	<b>0,9016</b>	0,51204	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9-1
819	<b>0,83729</b>	0,35623	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9-2
820	<b>0,88966</b>	0,48144	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9-3
821	<b>0,8906</b>	0,53061	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9-4
822	<b>0,89075</b>	0,5347	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S9-5
823	<b>0,88989</b>	0,23635	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9
824	<b>0,89206</b>	0,27208	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9-1
825	<b>0,89487</b>	0,25106	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9-2
826	<b>0,892</b>	0,19991	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9-3
827	<b>0,90115</b>	0,22636	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9-4
828	<b>0,90624</b>	0,30101	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S9-5
829	<b>0,96473</b>	0,53416	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10
830	<b>0,96622</b>	0,52289	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10-1
831	<b>0,97218</b>	0,45745	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10-2
832	<b>0,95501</b>	0,54219	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10-3
833	<b>0,96881</b>	0,45859	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10-4
834	<b>0,95586</b>	0,37011	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m oT S10-5
835	<b>0,95203</b>	0,24337	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10
836	<b>0,9623</b>	0,34763	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10-1
837	<b>0,94602</b>	0,30066	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10-2
838	<b>0,94701</b>	0,31931	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10-3
839	<b>0,94346</b>	0,30939	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10-4
840	<b>0,94666</b>	0,28807	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:42	Matenaers	V-86/08 NT 1 $\mu$ m iT S10-5
841	<b>2,349</b>	0,43397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1
842	<b>2,349</b>	0,42769	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1-1
843	<b>2,3195</b>	0,52042	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1-2
844	<b>2,3174</b>	0,5126	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1-3
845	<b>2,3039</b>	0,46574	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1-4
846	<b>2,3117</b>	0,4775	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S1-5
847	<b>2,2702</b>	0,09512	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1
848	<b>2,2465</b>	0,08609	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1-1
849	<b>2,2974</b>	0,04894	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1-2
850	<b>2,3155</b>	0,11665	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1-3
851	<b>2,1857</b>	0,09004	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1-4
852	<b>2,2995</b>	0,09133	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:43	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S1-5
853	<b>1,6997</b>	0,51054	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2
854	<b>1,6957</b>	0,45896	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2-1
855	<b>1,6963</b>	0,4755	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2-2
856	<b>1,6803</b>	0,49579	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2-3
857	<b>1,696</b>	0,51389	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2-4
858	<b>1,6334</b>	0,45181	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S2-5
859	<b>1,714</b>	0,27216	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2
860	<b>1,7006</b>	0,28408	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2-1
861	<b>1,6361</b>	0,19133	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2-2
862	<b>1,6703</b>	0,24282	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2-3
863	<b>1,6633</b>	0,28551	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2-4
864	<b>1,6662</b>	0,24763	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S2-5
865	<b>1,8536</b>	0,46048	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3
866	<b>1,8607</b>	0,31005	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3-1
867	<b>1,8591</b>	0,50946	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3-2
868	<b>1,8571</b>	0,51518	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3-3
869	<b>1,6906</b>	0,53869	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3-4
870	<b>1,6193</b>	0,48161	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m oT S3-5
871	<b>1,8506</b>	0,29635	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S3
872	<b>1,8618</b>	0,34161	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S3-1
873	<b>1,8667</b>	0,35496	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 $\mu$ m iT S3-2

874	<b>1,8669</b>	0,39741	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S3-3
875	<b>1,8924</b>	0,11234	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S3-4
876	<b>1,8406</b>	0,14914	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S3-5
877	<b>1,8859</b>	0,44469	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4
878	<b>1,8934</b>	0,4659	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4-1
879	<b>1,8948</b>	0,50117	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4-2
880	<b>1,858</b>	0,55607	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4-3
881	<b>1,8592</b>	0,55423	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:44	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4-4
882	<b>1,8467</b>	0,53795	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S4-5
883	<b>1,6938</b>	0,17442	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4
884	<b>1,6489</b>	0,16106	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4-1
885	<b>1,684</b>	0,09594	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4-2
886	<b>1,6921</b>	0,10215	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4-3
887	<b>1,6966</b>	0,11574	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4-4
888	<b>1,694</b>	0,10473	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S4-5
889	<b>1,8491</b>	0,57063	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5
890	<b>1,8603</b>	0,55802	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5-1
891	<b>1,8508</b>	0,54439	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5-2
892	<b>1,8477</b>	0,49374	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5-3
893	<b>1,8447</b>	0,49028	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5-4
894	<b>1,8157</b>	0,37996	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S5-5
895	<b>1,733</b>	0,2019	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5
896	<b>1,7191</b>	0,14991	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5-1
897	<b>1,7486</b>	0,1588	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5-2
898	<b>1,7454</b>	0,09684	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5-3
899	<b>1,6885</b>	0,23068	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5-4
900	<b>1,673</b>	0,24476	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:45	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S5-5
901	<b>1,795</b>	0,47634	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6
902	<b>1,7954</b>	0,42837	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6-1
903	<b>1,828</b>	0,50227	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6-2
904	<b>1,744</b>	0,47544	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6-3
905	<b>1,7833</b>	0,54931	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6-4
906	<b>1,7954</b>	0,42299	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S6-5
907	<b>1,839</b>	0,1385	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6
908	<b>1,8281</b>	0,20731	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6-1
909	<b>1,8192</b>	0,08177	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6-2
910	<b>1,7862</b>	0,05764	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6-3
911	<b>1,8234</b>	0,19772	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6-4
912	<b>1,8379</b>	0,23708	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S6-5
913	<b>1,8117</b>	0,51381	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7
914	<b>1,837</b>	0,53302	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7-1
915	<b>1,8414</b>	0,46768	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7-2
916	<b>1,8439</b>	0,48341	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7-3
917	<b>1,7926</b>	0,20648	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7-4
918	<b>1,7073</b>	0,4691	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S7-5
919	<b>1,5776</b>	0,1809	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7
920	<b>1,5424</b>	0,11624	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7-1
921	<b>1,5766</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7-2
922	<b>1,6787</b>	0,16184	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7-3
923	<b>1,5992</b>	0,14058	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7-4
924	<b>1,6816</b>	0,25846	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S7-5
925	<b>1,8472</b>	0,53484	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8
926	<b>1,8466</b>	0,58218	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:46	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8-1
927	<b>1,8311</b>	0,44441	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8-2
928	<b>1,8322</b>	0,47404	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8-3
929	<b>1,8571</b>	0,34186	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8-4
930	<b>1,785</b>	0,47447	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S8-5
931	<b>1,8267</b>	0,18442	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8
932	<b>1,8387</b>	0,15395	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8-1
933	<b>1,8284</b>	0,13865	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8-2
934	<b>1,7506</b>	0,07158	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8-3
935	<b>1,8961</b>	0,08046	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8-4
936	<b>1,7519</b>	0,08803	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S8-5
937	<b>1,6619</b>	0,48508	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9
938	<b>1,7193</b>	0,45295	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9-1
939	<b>1,7512</b>	0,44892	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9-2
940	<b>1,7555</b>	0,46266	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9-3
941	<b>1,7332</b>	0,49609	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9-4
942	<b>1,7392</b>	0,49477	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:47	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S9-5
943	<b>1,6336</b>	0,15552	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9
944	<b>1,6165</b>	0,15079	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9-1
945	<b>1,5495</b>	0,08685	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9-2
946	<b>1,5664</b>	0,06714	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9-3

947	1,4912	0,02853	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9-4
948	1,5639	0,09737	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S9-5
949	1,6399	0,46534	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10
950	1,6939	0,46206	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10-1
951	1,8298	0,50899	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10-2
952	1,6402	0,54558	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10-3
953	1,6853	0,40817	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10-4
954	1,7165	0,54206	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm oT S10-5
955	1,6207	0,2323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10
956	1,5891	0,20954	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10-1
957	1,5739	0,35227	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10-2
958	1,6336	0,2169	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10-3
959	1,5393	0,13529	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10-4
960	1,625	0,32537	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 2 µm iT S10-5
961	2,8724	0,36236	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1
962	2,83	0,48494	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1-1
963	2,8691	0,4896	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:48	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1-2
964	2,888	0,29308	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1-3
965	2,9124	0,46299	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1-4
966	2,9437	0,41348	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S1-5
967	2,5644	0,0634	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1
968	2,7534	0,13824	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1-1
969	1,9993	0,00928	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1-2
970	1,9864	0,02053	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1-3
971	2,8878	0,04602	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1-4
972	0,75408	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S1-5
973	2,7577	0,43467	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2
974	2,8049	0,46833	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2-1
975	2,6394	0,43638	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2-2
976	2,7392	0,50565	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2-3
977	2,6511	0,52621	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2-4
978	2,7647	0,42883	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S2-5
979	2,556	0,07707	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2
980	2,6101	0,06798	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2-1
981	2,5761	0,06563	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2-2
982	2,5912	0,09672	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2-3
983	2,4869	0,11575	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2-4
984	2,4843	0,16691	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S2-5
985	2,7585	0,33541	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3
986	2,7619	0,43504	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3-1
987	2,7984	0,29055	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3-2
988	2,8672	0,42595	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:49	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3-3
989	2,92	0,13855	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3-4
990	2,8108	0,46536	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S3-5
991	2,021	0,02131	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3
992	2,0061	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3-1
993	2,6235	0,0124	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3-2
994	2,5988	0,05192	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3-3
995	2,7693	0,00727	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3-4
996	2,8935	0,01255	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S3-5
997	2,6831	0,51131	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4
998	2,6724	0,50827	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4-1
999	2,6611	0,55287	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4-2
1000	2,702	0,48505	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4-3
1001	2,7021	0,50419	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4-4
1002	2,7465	0,18014	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S4-5
1003	2,5894	0,13235	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4
1004	2,5916	0,0695	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4-1
1005	2,6082	0,07316	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4-2
1006	2,5415	0,02586	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4-3
1007	2,5912	0,08776	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4-4
1008	2,616	0,07715	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:50	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S4-5
1009	2,7616	0,46407	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5
1010	2,7885	0,4538	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5-1
1011	2,8806	0,40828	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5-2
1012	2,8819	0,36731	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5-3
1013	2,8532	0,21308	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5-4
1014	2,8358	0,23366	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S5-5
1015	1,9847	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5
1016	2,7494	0,08828	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5-1
1017	2,7586	0,00888	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5-2
1018	2,0626	0,03052	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5-3
1019	2,7194	0,05557	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5-4

1020	2,7335	0,01514	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S5-5
1021	2,829	0,24878	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6
1022	2,7186	0,28518	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6-1
1023	2,7206	0,46677	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6-2
1024	2,766	0,42821	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6-3
1025	2,5355	0,3298	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6-4
1026	2,3266	0,40483	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S6-5
1027	2,5806	0,1294	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6
1028	2,0507	0,03277	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6-1
1029	2,4523	0,02435	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6-2
1030	1,9782	0,00747	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6-3
1031	2,5647	0,24094	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6-4
1032	2,586	0,13213	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 14:51	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S6
1033	2,7888	0,41964	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7
1034	3,0945	0,06117	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7-1
1035	2,8623	0,0773	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7-2
1036	2,7659	0,35243	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7-3
1037	2,7448	0,45295	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7-4
1038	2,7545	0,44725	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S7-5
1039	2,6294	0,05897	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7
1040	2,6762	0,00547	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7-1
1041	2,7291	0,04887	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7-2
1042	2,1297	0,00481	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7-3
1043	2,5846	0,03867	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7-4
1044	1,9602	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:00	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S7-5
1045	2,4938	0,44857	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8
1046	2,6701	0,42923	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8-1
1047	2,6728	0,43471	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8-2
1048	2,5371	0,15479	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8-3
1049	2,5299	0,44944	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8-4
1050	2,5271	0,44397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S8-5
1051	2,443	0,1093	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8
1052	2,4454	0,10586	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8-1
1053	2,4964	0,10092	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8-2
1054	2,4129	0,05189	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8-3
1055	2,1213	0,03468	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8-4
1056	1,9382	0,00363	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S8-5
1057	2,9476	0,37292	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9
1058	2,8745	0,43279	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9-1
1059	2,7501	0,29093	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9-2
1060	2,8858	0,46655	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9-3
1061	3,1847	0,11686	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9-4
1062	2,9631	0,33546	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S9-5
1063	1,9857	0,02863	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9
1064	2,7636	0,1769	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9-1
1065	2,7336	0,01647	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9-2
1066	2,0934	0,00605	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9-3
1067	2,7534	0,07872	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9-4
1068	2,0943	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S9-5
1069	2,5864	0,31682	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10
1070	2,5549	0,37277	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10-1
1071	2,6158	0,19731	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10-2
1072	2,5684	0,43564	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10-3
1073	2,6046	0,34432	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10-4
1074	2,6601	0,13055	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:01	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm oT S10-5
1075	2,0431	0,02493	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10
1076	2,5867	0,03192	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10-1
1077	2,6093	0,06397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10-2
1078	2,0015	0,03085	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10-3
1079	2,0102	0,01726	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10-4
1080	2,008	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:02	Matenaers	V-86/08 NT 3 µm iT S10-5
1081	1,0234	0,39536	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:29	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1
1082	1,0478	0,46143	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1-1
1083	1,3213	0,4618	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1-2
1084	1,1162	0,52367	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1-3
1085	1,3096	0,49322	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1-4
1086	1,4136	0,3955	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm oT S1-5
1087	1,0387	0,29103	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1
1088	1,1179	0,28142	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1-1
1089	1,214	0,30971	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1-2
1090	1,2866	0,3873	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1-3
1091	1,0866	0,20748	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1-4
1092	1,1054	0,29429	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:30	Matenaers	V-131/12 NT 1 µm iT S1-5

1093	<b>1,0525</b>	0,50078	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2
1094	<b>1,1106</b>	0,48361	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2-1
1095	<b>1,1059</b>	0,44954	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2-2
1096	<b>1,1678</b>	0,44433	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2-3
1097	<b>1,0465</b>	0,35618	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2-4
1098	<b>1,0816</b>	0,50583	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S2-5
1099	<b>0,96911</b>	0,17686	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2
1100	<b>1,0374</b>	0,27037	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2-1
1101	<b>1,0984</b>	0,1739	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2-2
1102	<b>1,0835</b>	0,16672	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2-3
1103	<b>1,0523</b>	0,11058	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2-4
1104	<b>1,1164</b>	0,24827	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:31	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S2-5
1105	<b>0,95105</b>	0,49018	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3
1106	<b>0,98216</b>	0,45619	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3-1
1107	<b>0,76851</b>	0,52779	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3-2
1108	<b>0,9476</b>	0,47899	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3-3
1109	<b>0,96449</b>	0,50134	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3-4
1110	<b>0,76339</b>	0,56463	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S3-5
1111	<b>0,76042</b>	0,38171	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3
1112	<b>0,81986</b>	0,35647	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3-1
1113	<b>0,96615</b>	0,24859	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3-2
1114	<b>0,95422</b>	0,28692	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3-3
1115	<b>0,82155</b>	0,34018	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3-4
1116	<b>0,95538</b>	0,30166	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:32	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S3-5
1117	<b>0,88156</b>	0,49476	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4
1118	<b>0,95147</b>	0,41269	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4-1
1119	<b>1,0283</b>	0,31078	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4-2
1120	<b>1,0414</b>	0,31581	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4-3
1121	<b>0,94249</b>	0,42126	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4-4
1122	<b>0,90855</b>	0,35178	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S4-5
1123	<b>0,90443</b>	0,22051	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4
1124	<b>0,89748</b>	0,22425	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4-1
1125	<b>0,91338</b>	0,40391	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4-2
1126	<b>0,96704</b>	0,30506	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4-3
1127	<b>0,97258</b>	0,36494	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4-4
1128	<b>0,89737</b>	0,27862	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:33	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S4-5
1129	<b>0,82891</b>	0,46265	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5
1130	<b>0,87857</b>	0,40879	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5-1
1131	<b>0,87305</b>	0,3439	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5-2
1132	<b>0,949</b>	0,43944	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5-3
1133	<b>0,87917</b>	0,4361	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5-4
1134	<b>0,94698</b>	0,43123	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S5-5
1135	<b>0,90049</b>	0,32267	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5
1136	<b>0,95489</b>	0,30094	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5-1
1137	<b>0,90454</b>	0,26524	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5-2
1138	<b>0,83244</b>	0,236	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5-3
1139	<b>0,89195</b>	0,24176	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5-4
1140	<b>0,8325</b>	0,10497	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:34	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S5-5
1141	<b>1,0464</b>	0,46662	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6
1142	<b>1,0288</b>	0,4507	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6-1
1143	<b>1,0931</b>	0,50807	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6-2
1144	<b>0,98066</b>	0,41415	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6-3
1145	<b>1,0432</b>	0,42582	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6-4
1146	<b>0,95277</b>	0,44543	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S6-5
1147	<b>0,95567</b>	0,21232	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6
1148	<b>0,9015</b>	0,24451	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6-1
1149	<b>1,0443</b>	0,20074	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6-2
1150	<b>1,0454</b>	0,32514	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6-3
1151	<b>1,0784</b>	0,26539	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6-4
1152	<b>1,1133</b>	0,38795	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:35	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S6-5
1153	<b>1,0479</b>	0,48938	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7
1154	<b>1,05</b>	0,41042	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7-1
1155	<b>1,0812</b>	0,47618	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7-2
1156	<b>0,97435</b>	0,28212	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7-3
1157	<b>1,0442</b>	0,46686	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7-4
1158	<b>1,0422</b>	0,40012	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S7-5
1159	<b>0,97244</b>	0,3351	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7
1160	<b>1,0292</b>	0,27746	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7-1
1161	<b>1,0325</b>	0,18676	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7-2
1162	<b>1,0238</b>	0,33633	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7-3
1163	<b>1,0298</b>	0,25663	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7-4
1164	<b>1,05</b>	0,24318	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:36	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S7-5
1165	<b>0,87823</b>	0,33103	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8

1166	<b>0,89442</b>	0,11101	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8-1
1167	<b>1,0223</b>	0,50845	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8-2
1168	<b>0,8904</b>	0,30115	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8-3
1169	<b>0,90609</b>	0,49063	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8-4
1170	<b>0,97164</b>	0,49912	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S8-5
1171	<b>0,89718</b>	0,44558	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8
1172	<b>0,88995</b>	0,26572	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8-1
1173	<b>0,8872</b>	0,31587	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8-2
1174	<b>0,83523</b>	0,29256	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8-3
1175	<b>0,90913</b>	0,38568	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8-4
1176	0,90207	0,32074	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:37	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S8-5
1177	<b>0,76604</b>	0,64176	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9
1178	<b>0,90576</b>	0,47099	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9-1
1179	<b>0,90326</b>	0,42601	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9-2
1180	<b>0,88206</b>	0,47739	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9-3
1181	<b>0,96207</b>	0,30942	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9-4
1182	<b>0,97308</b>	0,40741	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S9-5
1183	<b>0,96772</b>	0,43305	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9
1184	<b>0,9616</b>	0,32206	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9-1
1185	<b>0,96042</b>	0,25371	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9-2
1186	<b>0,96147</b>	0,23229	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9-3
1187	<b>0,90148</b>	0,20532	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9-4
1188	<b>0,89987</b>	0,23974	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:38	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S9-5
1189	<b>0,87931</b>	0,44916	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10
1190	<b>0,88787</b>	0,17242	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10-1
1191	<b>0,87329</b>	0,46771	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10-2
1192	<b>0,76029</b>	0,41822	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10-3
1193	<b>0,76836</b>	0,27905	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10-4
1194	<b>0,96758</b>	0,35548	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_oT_S10-5
1195	<b>0,83673</b>	0,14564	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10
1196	<b>0,88475</b>	0,14881	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10-1
1197	<b>0,90608</b>	0,3191	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10-2
1198	<b>0,90764</b>	0,35284	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:39	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10-3
1199	<b>0,94242</b>	0,42432	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:40	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10-4
1200	<b>0,87731</b>	0,16916	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:40	Matenaers	V-131/12_NT 1 µm_iT_S10-5
1201	<b>1,8877</b>	0,41324	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:42	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1
1202	<b>1,8868</b>	0,33108	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:43	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1-1
1203	<b>1,7569</b>	0,16301	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:43	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1-2
1204	<b>1,7155</b>	0,29216	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:43	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1-3
1205	<b>1,8048</b>	0,44525	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1-4
1206	<b>1,9675</b>	0,37358	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S1-5
1207	<b>1,7903</b>	0,12215	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1
1208	<b>1,6996</b>	0,09062	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1-1
1209	<b>1,821</b>	0,25468	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1-2
1210	<b>1,8042</b>	0,29743	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1-3
1211	<b>1,6711</b>	0,24365	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1-4
1212	<b>1,6397</b>	0,189	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S1-5
1213	<b>1,6455</b>	0,21899	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2
1214	<b>1,7719</b>	0,2625	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2-1
1215	<b>1,7931</b>	0,49188	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2-2
1216	<b>1,8078</b>	0,39119	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:44	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2-3
1217	<b>1,8832</b>	0,2573	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2-4
1218	<b>1,4578</b>	0,23345	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S2-5
1219	<b>1,7905</b>	0,27426	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2
1220	<b>1,7398</b>	0,12275	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2-1
1221	<b>1,7043</b>	0,05999	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2-2
1222	<b>1,8388</b>	0,11013	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2-3
1223	<b>1,9113</b>	0,15398	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2-4
1224	<b>1,7961</b>	0,31843	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S2-5
1225	<b>1,754</b>	0,36136	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3
1226	<b>1,8168</b>	0,27616	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:45	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3-1
1227	<b>1,7488</b>	0,36446	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3-2
1228	<b>1,8036</b>	0,16677	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3-3
1229	<b>1,6929</b>	0,39465	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3-4
1230	<b>1,7409</b>	0,44532	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S3-5
1231	<b>1,6709</b>	0,17908	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3
1232	<b>1,6462</b>	0,11954	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3-1
1233	<b>1,6699</b>	0,13047	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3-2
1234	<b>1,7912</b>	0,29453	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3-3
1235	<b>1,6727</b>	0,12741	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3-4
1236	<b>1,796</b>	0,30622	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S3-5
1237	<b>1,7245</b>	0,29248	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4
1238	<b>1,6639</b>	0,34728	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4-1

1239	<b>1,8394</b>	0,35141	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4-2
1240	<b>1,8148</b>	0,36076	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4-3
1241	<b>1,8397</b>	0,30433	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4-4
1242	<b>1,7916</b>	0,42496	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S4-5
1243	<b>1,7575</b>	0,09911	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4
1244	<b>1,7536</b>	0,14897	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:46	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4-1
1245	<b>1,7658</b>	0,35306	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:47	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4-2
1246	<b>1,7085</b>	0,21024	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:47	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4-3
1247	<b>1,8079</b>	0,14033	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:47	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4-4
1248	<b>1,7017</b>	0,18372	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:47	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S4-5
1249	<b>1,8107</b>	0,3034	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5
1250	<b>1,8603</b>	0,41639	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5-1
1251	<b>1,8034</b>	0,33226	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5-2
1252	<b>1,8667</b>	0,42874	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5-3
1253	<b>1,7558</b>	0,17813	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5-4
1254	<b>1,7492</b>	0,43831	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S5-5
1255	<b>1,7524</b>	0,44416	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5
1256	<b>1,7418</b>	0,44261	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5-1
1257	<b>1,7064</b>	0,09197	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5-2
1258	<b>1,7588</b>	0,25332	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5-3
1259	<b>1,7925</b>	0,30348	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5-4
1260	<b>1,7735</b>	0,25285	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:48	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S5-5
1261	<b>1,7534</b>	0,37419	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6
1262	<b>1,7484</b>	0,48318	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6-1
1263	<b>1,7762</b>	0,28475	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6-2
1264	<b>1,793</b>	0,43457	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6-3
1265	<b>1,7465</b>	0,42427	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6-4
1266	<b>1,7276</b>	0,3466	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S6-5
1267	<b>1,6194</b>	0,34078	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6
1268	<b>1,5609</b>	0,34515	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6-1
1269	<b>1,633</b>	0,15817	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6-2
1270	<b>1,7827</b>	0,14785	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6-3
1271	<b>1,7148</b>	0,13198	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6-4
1272	<b>1,6911</b>	0,09745	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:49	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S6-5
1273	<b>1,5868</b>	0,38118	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7
1274	<b>1,5789</b>	0,4292	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7-1
1275	<b>1,6854</b>	0,25785	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7-2
1276	<b>1,665</b>	0,29131	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7-3
1277	<b>1,656</b>	0,46056	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7-4
1278	<b>1,6408</b>	0,40147	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S7-5
1279	<b>1,63</b>	0,22884	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7
1280	<b>1,6449</b>	0,40571	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7-1
1281	<b>1,5725</b>	0,10888	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7-2
1282	<b>1,5966</b>	0,09311	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7-3
1283	<b>1,5675</b>	0,13121	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7-4
1284	<b>1,6582</b>	0,37738	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:50	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S7-5
1285	<b>1,7685</b>	0,36778	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8
1286	<b>1,7367</b>	0,16612	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-1
1287	<b>1,7447</b>	0,09398	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-2
1288	<b>1,8772</b>	0,31969	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-3
1289	<b>1,8447</b>	0,36482	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-4
1290	<b>1,8037</b>	0,44645	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-5
1291	<b>1,8151</b>	0,07843	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S8-6
1292	<b>1,8478</b>	0,44589	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S8
1293	<b>1,7432</b>	0,1605	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S8-1
1294	<b>1,8034</b>	0,39752	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S8-2
1295	<b>1,6798</b>	0	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S8-3
1296	<b>1,9841</b>	0	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:51	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S8-4
1297	<b>1,9089</b>	0,27139	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9
1298	<b>1,9122</b>	0,40648	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9-1
1299	<b>1,7567</b>	0,3569	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9-2
1300	<b>1,8806</b>	0,15527	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9-3
1301	<b>1,7683</b>	0,43662	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9-4
1302	<b>1,7534</b>	0,39766	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S9-5
1303	<b>1,6918</b>	0,15536	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9
1304	<b>1,785</b>	0,19862	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:52	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9-1
1305	<b>1,7704</b>	0,11531	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9-2
1306	<b>1,7641</b>	0,02421	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9-3
1307	<b>1,7185</b>	0,12093	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9-4
1308	<b>1,6495</b>	0,07681	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S9-5
1309	<b>1,5357</b>	0,38409	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10
1310	<b>1,6097</b>	0,36343	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10-1
1311	<b>1,6253</b>	0,29622	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10-2



1312	<b>1,4184</b>	0,36177	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10-3
1313	<b>1,5571</b>	0,31502	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10-4
1314	<b>1,6797</b>	0,41501	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_oT_S10-5
1315	<b>1,6463</b>	0,18355	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10
1316	<b>1,6371</b>	0,13644	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10-1
1317	<b>1,6718</b>	0,12226	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10-2
1318	<b>1,6488</b>	0,15782	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10-3
1319	<b>1,6542</b>	0,18615	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10-4
1320	<b>1,6448</b>	0,19229	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:53	Matenaers	V-131/12_NT 2 µm_iT_S10-5
1321	<b>2,7842</b>	0,28683	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1
1322	<b>2,6741</b>	0,35056	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1-1
1323	<b>2,5935</b>	0,30028	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1-2
1324	<b>2,8458</b>	0,35148	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1-3
1325	<b>2,8858</b>	0,15228	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1-4
1326	<b>2,6723</b>	0,32511	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:54	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S1-5
1327	<b>2,5255</b>	0,05075	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1
1328	<b>2,4624</b>	0,07699	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1-1
1329	<b>2,7036</b>	0,32975	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1-2
1330	<b>2,5672</b>	0,10785	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1-3
1331	<b>2,6476</b>	0,33948	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1-4
1332	<b>2,5689</b>	0,0374	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:55	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S1-5
1333	<b>2,8567</b>	0,20583	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:56	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2
1334	<b>2,8165</b>	0,33096	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:56	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2-1
1335	<b>2,7934</b>	0,36878	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:56	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2-2
1336	<b>2,8225</b>	0,37937	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:56	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2-3
1337	<b>2,8806</b>	0,25614	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2-4
1338	<b>2,9015</b>	0,38018	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S2-5
1339	<b>2,8601</b>	0,12951	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2
1340	<b>2,8032</b>	0,02599	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2-1
1341	<b>2,8412</b>	0,25486	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2-2
1342	<b>2,6097</b>	0,01956	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2-3
1343	<b>2,6953</b>	0,22141	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2-4
1344	<b>2,628</b>	0,09603	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S2-5
1345	<b>2,5325</b>	0,32443	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3
1346	<b>2,5499</b>	0,17029	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3-1
1347	<b>2,5879</b>	0,38535	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3-2
1348	<b>2,6404</b>	0,30984	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3-3
1349	<b>2,6183</b>	0,38798	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3-4
1350	<b>2,6612</b>	0,35838	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S3-5
1351	<b>2,4907</b>	0,08371	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3
1352	<b>2,5674</b>	0,02208	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:57	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3-1
1353	<b>2,193</b>	0,05024	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3-2
1354	<b>2,1714</b>	0,03913	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3-3
1355	<b>2,6058</b>	0,09194	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3-4
1356	<b>2,5708</b>	0,31926	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S3-5
1357	<b>2,7736</b>	0,32796	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4
1358	<b>2,7314</b>	0,32535	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4-1
1359	<b>2,8635</b>	0,35535	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4-2
1360	<b>2,8157</b>	0,341	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4-3
1361	<b>2,6612</b>	0,4359	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4-4
1362	<b>2,8229</b>	0,40417	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:58	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S4-5
1363	<b>2,6855</b>	0,06146	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4
1364	<b>2,6144</b>	0,12859	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4-1
1365	<b>2,6657</b>	0,09697	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4-2
1366	<b>2,633</b>	0,07506	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4-3
1367	<b>2,591</b>	0,11526	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4-4
1368	<b>2,6674</b>	0,34995	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S4-5
1369	<b>2,5005</b>	0,18154	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5
1370	<b>2,5905</b>	0,31111	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5-1
1371	<b>2,5397</b>	0,26852	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5-2
1372	<b>2,5698</b>	0,31682	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5-3
1373	<b>2,6588</b>	0,40154	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5-4
1374	<b>2,5773</b>	0,34944	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S5-5
1375	<b>2,458</b>	0,0189	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5
1376	<b>2,4894</b>	0,02318	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5-1
1377	<b>2,2422</b>	0,10291	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5-2
1378	<b>2,409</b>	0,06041	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5-3
1379	<b>2,6117</b>	0,34621	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 12:59	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5-4
1380	<b>2,5866</b>	0,1873	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S5-5
1381	<b>2,8027</b>	0,14663	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6
1382	<b>2,6829</b>	0,30262	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6-1
1383	<b>2,6513</b>	0,30215	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6-2
1384	<b>2,6778</b>	0,30731	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6-3



1385	2,7385	0,34746	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6-4
1386	2,6787	0,34562	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S6-5
1387	2,7698	0,32542	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6
1388	2,7237	0,30509	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6-1
1389	2,6361	0,07246	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6-2
1390	2,6157	0,04962	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6-3
1391	2,5358	0,08431	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6-4
1392	2,4886	0,01036	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:00	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S6-5
1393	2,4914	0,39401	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7
1394	2,5684	0,2992	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7-1
1395	2,276	0,32085	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7-2
1396	2,4075	0,23058	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7-3
1397	2,3931	0,31095	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7-4
1398	2,5992	0,45678	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S7-5
1399	2,5836	0,25911	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7
1400	2,5562	0,19926	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7-1
1401	2,1451	0,02987	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7-2
1402	2,0172	0,06254	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7-3
1403	2,5214	0,09293	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7-4
1404	2,4153	0,0651	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S7-5
1405	2,7081	0,37663	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8
1406	2,7613	0,30266	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8-1
1407	2,6	0,36199	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8-2
1408	2,682	0,35146	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:01	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8-3
1409	2,6465	0,2768	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8-4
1410	2,7142	0,27672	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S8-5
1411	2,575	0,02931	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8
1412	2,7869	0,00388	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8-1
1413	2,6213	0,29981	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8-2
1414	2,6462	0,29298	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8-3
1415	2,6443	0,09343	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8-4
1416	2,6358	0,0706	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S8-5
1417	2,5074	0,18164	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9
1418	2,4808	0,18972	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9-1
1419	2,5429	0,18465	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9-2
1420	2,5558	0,14586	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9-3
1421	2,4508	0,21045	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:02	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9-4
1422	2,5983	0,26339	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S9-5
1423	2,4988	0,04038	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9
1424	2,4463	0,04196	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9-1
1425	2,4745	0,08483	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9-2
1426	2,4914	0,07085	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9-3
1427	2,479	0,07027	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9-4
1428	2,4974	0,14036	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S9-5
1429	2,6452	0,30061	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10
1430	2,7445	0,29459	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10-1
1431	2,5689	0,29374	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10-2
1432	2,5677	0,28017	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10-3
1433	2,5733	0,28345	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10-4
1434	2,6285	0,16845	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:03	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_oT_S10-5
1435	2,5005	0,08946	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10
1436	2,5181	0,01321	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10-1
1437	2,5641	0,29436	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10-2
1438	2,6957	0	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10-3
1439	2,5037	0,20285	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10-4
1440	2,4962	0,21312	GMA/MMA on BSG	01.05.2017 13:04	Matenaers	V-131/12_NT 3 µm_iT_S10-5
1441	0,68271	0,48137	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1
1442	0,73686	0,51732	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1-1
1443	0,76639	0,46994	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1-2
1444	0,84081	0,41868	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1-3
1445	0,87842	0,45248	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1-4
1446	0,8938	0,46057	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S1-5
1447	0,7625	0,01573	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1
1448	0,59523	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1-1
1449	0,5	0,40377	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1-2
1450	0,51632	0,38973	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1-3
1451	0,53871	0,1316	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1-4
1452	0,53198	0,10729	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:34	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S1-5
1453	0,88697	0,49375	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2
1454	0,83438	0,49692	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2-1
1455	0,8803	0,47289	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2-2
1456	1,0262	0,47146	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2-3
1457	0,88616	0,45176	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2-4

1458	<b>1,0866</b>	0,41522	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S2-5
1459	<b>0,81019</b>	0,08372	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2
1460	<b>0,67426</b>	0,17907	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2-1
1461	<b>0,74264</b>	0,20697	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2-2
1462	<b>0,68824</b>	0,19514	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2-3
1463	<b>0,69136</b>	0,33905	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2-4
1464	<b>0,76076</b>	0,56537	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S2-5
1465	<b>0,73837</b>	0,52981	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3
1466	<b>0,68415</b>	0,49938	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3-1
1467	<b>0,73819</b>	0,50323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3-2
1468	<b>0,75042</b>	0,34875	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3-3
1469	<b>1,5884</b>	0,42176	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3-4
1470	<b>1,6182</b>	0,44908	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S3-5
1471	<b>0,76257</b>	0,13328	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3
1472	<b>0,74224</b>	0,13768	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3-1
1473	<b>0,54392</b>	0,07668	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3-2
1474	<b>1,3408</b>	0,03137	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3-3
1475	<b>1,4682</b>	0,10057	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3-4
1476	<b>1,477</b>	0,07246	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:35	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S3-5
1477	<b>0,6213</b>	0,48509	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4
1478	<b>0,61161</b>	0,44067	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4-1
1479	<b>0,69027</b>	0,51605	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4-2
1480	<b>0,76095</b>	0,52311	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4-3
1481	<b>0,75856</b>	0,47807	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4-4
1482	<b>0,76354</b>	0,50173	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S4-5
1483	<b>0,5</b>	0,22381	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4
1484	<b>0,52288</b>	0,25282	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4-1
1485	<b>0,54459</b>	0,19188	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4-2
1486	<b>0,61215</b>	0,22585	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4-3
1487	<b>0,54057</b>	0,25712	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4-4
1488	<b>0,53561</b>	0,25538	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S4-5
1489	<b>0,76908</b>	0,47871	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5
1490	<b>0,62603</b>	0,58784	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5-1
1491	<b>0,54809</b>	0,56729	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5-2
1492	<b>0,74343</b>	0,4929	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5-3
1493	<b>0,74715</b>	0,44187	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5-4
1494	<b>0,7559</b>	0,32768	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S5-5
1495	<b>0,6269</b>	0,20874	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5
1496	<b>0,66801</b>	0,18858	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5-1
1497	<b>0,5333</b>	0,22254	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5-2
1498	<b>0,54296</b>	0,23035	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:36	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5-3
1499	<b>0,54267</b>	0,28252	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5-4
1500	<b>0,54255</b>	0,22604	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S5-5
1501	<b>0,62624</b>	0,41207	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6
1502	<b>0,65864</b>	0,46898	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6-1
1503	<b>0,7402</b>	0,4868	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6-2
1504	<b>0,74821</b>	0,4868	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6-3
1505	<b>0,74626</b>	0,47929	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6-4
1506	<b>0,75205</b>	0,45985	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S6-5
1507	<b>0,5402</b>	0,2379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6
1508	<b>0,61313</b>	0,182	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6-1
1509	<b>0,61188</b>	0,19716	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6-2
1510	<b>0,5</b>	0,15812	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6-3
1511	<b>0,53759</b>	0,14949	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6-4
1512	<b>0,74668</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S6-5
1513	<b>0,75764</b>	0,49891	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7
1514	<b>0,68421</b>	0,51234	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7-1
1515	<b>0,73422</b>	0,45327	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7-2
1516	<b>0,75784</b>	0,49285	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7-3
1517	<b>0,75302</b>	0,46501	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7-4
1518	<b>0,73608</b>	0,44527	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S7-5
1519	<b>0,68025</b>	0,17126	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7
1520	<b>0,74486</b>	0,15469	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7-1
1521	<b>0,74714</b>	0,081	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7-2
1522	<b>0,61266</b>	0,27687	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7-3
1523	<b>0,61193</b>	0,27965	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7-4
1524	<b>0,54625</b>	0,23005	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:37	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_iT_S7-5
1525	<b>0,688</b>	0,40161	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8
1526	<b>0,73998</b>	0,39122	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8-1
1527	<b>0,82965</b>	0,47784	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8-2
1528	<b>0,82453</b>	0,53888	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8-3
1529	<b>0,7539</b>	0,46777	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8-4
1530	<b>0,75382</b>	0,48696	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm_oT_S8-5

1531	<b>0,7612</b>	0,3491	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8
1532	<b>0,76951</b>	0,28333	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8-1
1533	<b>0,5</b>	0,03824	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8-2
1534	<b>0,76066</b>	0,21424	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8-3
1535	<b>0,81148</b>	0,09165	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8-4
1536	<b>0,74834</b>	0,11009	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S8-5
1537	<b>0,68775</b>	0,53323	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9
1538	<b>0,87952</b>	0,43801	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9-1
1539	<b>0,74037</b>	0,42945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9-2
1540	<b>0,75573</b>	0,46572	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9-3
1541	<b>0,81903</b>	0,44388	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9-4
1542	<b>0,83291</b>	0,36028	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S9-5
1543	<b>0,81968</b>	0,17562	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9
1544	<b>0,75006</b>	0,16406	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9-1
1545	<b>0,68067</b>	0,13794	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9-2
1546	<b>0,54973</b>	0,15187	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9-3
1547	<b>0,61343</b>	0,1867	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9-4
1548	<b>0,66836</b>	0,26682	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:38	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S9-5
1549	<b>0,89336</b>	0,51154	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10
1550	<b>0,89055</b>	0,48674	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10-1
1551	<b>0,8895</b>	0,504	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10-2
1552	<b>0,88787</b>	0,5053	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10-3
1553	<b>0,88596</b>	0,49541	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10-4
1554	<b>0,88343</b>	0,09732	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm oT S10-5
1555	<b>0,81923</b>	0,16593	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10
1556	<b>0,82407</b>	0,1409	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10-1
1557	<b>0,87943</b>	0,1466	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10-2
1558	<b>0,83119</b>	0,10993	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10-3
1559	<b>0,82784</b>	0,17852	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10-4
1560	<b>0,82594</b>	0,17147	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:39	Matenaers	V-275/05_NT 1 µm iT S10-5
1561	<b>2,472</b>	0,31508	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1
1562	<b>2,339</b>	0,22906	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1-1
1563	<b>1,9922</b>	0,22913	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1-2
1564	<b>2,295</b>	0,42034	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1-3
1565	<b>2,4144</b>	0,35785	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1-4
1566	<b>2,635</b>	0,46397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S1-5
1567	<b>2,8046</b>	0,03074	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1
1568	<b>2,7897</b>	0,05702	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1-1
1569	<b>2,4874</b>	0,01282	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1-2
1570	<b>2,9911</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1-3
1571	<b>2,533</b>	0,0101	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1-4
1572	<b>2,2961</b>	0,04066	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:40	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S1-5
1573	<b>1,8284</b>	0,45017	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2
1574	<b>1,8394</b>	0,4036	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2-1
1575	<b>1,6913</b>	0,38623	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2-2
1576	<b>1,8377</b>	0,439	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2-3
1577	<b>1,8635</b>	0,40568	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2-4
1578	<b>1,8987</b>	0,22837	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S2-5
1579	<b>1,3354</b>	0,05734	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2
1580	<b>1,3805</b>	0,0525	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2-1
1581	<b>1,3833</b>	0,05105	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2-2
1582	<b>1,4075</b>	0,07466	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2-3
1583	<b>1,5767</b>	0,05595	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2-4
1584	<b>1,4638</b>	0,08561	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S2-5
1585	<b>1,5967</b>	0,42985	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3
1586	<b>1,5377</b>	0,45571	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3-1
1587	<b>1,7583</b>	0,41819	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3-2
1588	<b>1,8292</b>	0,4622	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3-3
1589	<b>1,8308</b>	0,43514	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3-4
1590	<b>1,8336</b>	0,42457	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S3-5
1591	<b>1,7378</b>	0,08304	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3
1592	<b>1,7743</b>	0,08377	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3-1
1593	<b>1,3198</b>	0,03556	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3-2
1594	<b>1,7562</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3-3
1595	<b>1,6597</b>	0,03014	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3-4
1596	<b>1,7716</b>	0,06092	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S3-5
1597	<b>1,5547</b>	0,42673	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:41	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4
1598	<b>1,5475</b>	0,42978	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4-1
1599	<b>1,4593</b>	0,18378	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4-2
1600	<b>1,473</b>	0,31802	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4-3
1601	<b>1,3832</b>	0,16224	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4-4
1602	<b>1,5814</b>	0,3787	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S4-5
1603	<b>1,3584</b>	0,07287	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4

1604	<b>1,3546</b>	0,11517	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4-1
1605	<b>1,5653</b>	0,32036	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4-2
1606	<b>1,4866</b>	0,09295	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4-3
1607	<b>1,3879</b>	0,07597	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4-4
1608	<b>1,4344</b>	0,0679	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S4-5
1609	<b>1,8053</b>	0,44816	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S5
1610	<b>1,8693</b>	0,41889	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S5-1
1611	<b>1,8603</b>	0,44374	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S5-2
1612	<b>1,8393</b>	0,07474	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-3
1613	<b>1,88</b>	0,45519	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S5-4
1614	<b>1,8553</b>	0,39377	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S5-5
1615	<b>1,8135</b>	0,10599	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5
1616	<b>1,7286</b>	0,06558	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-1
1617	<b>1,7995</b>	0,06059	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-2
1618	<b>1,8196</b>	0,01782	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-3
1619	<b>1,7759</b>	0,02782	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-4
1620	<b>1,8734</b>	0,06367	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S5-5
1621	<b>2,0324</b>	0,26118	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6
1622	<b>1,8924</b>	0,35325	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6-1
1623	<b>1,7831</b>	0,22945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6-2
1624	<b>1,7701</b>	0,33883	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6-3
1625	<b>1,7615</b>	0,34423	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6-4
1626	<b>1,7671</b>	0,44514	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S6-5
1627	<b>1,7512</b>	0,04866	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6
1628	<b>1,574</b>	0,11618	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:42	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6-1
1629	<b>1,7027</b>	0,08242	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6-2
1630	<b>1,5745</b>	0,11157	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6-3
1631	<b>1,6622</b>	0,09074	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6-4
1632	<b>1,5665</b>	0,0484	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S6-5
1633	<b>1,6639</b>	0,43064	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7
1634	<b>1,643</b>	0,22725	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7-1
1635	<b>1,4639</b>	0,23129	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7-2
1636	<b>1,5609</b>	0,35397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7-3
1637	<b>1,7219</b>	0,2923	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7-4
1638	<b>1,7192</b>	0,35699	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S7-5
1639	<b>1,6397</b>	0,07131	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7
1640	<b>1,4825</b>	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7-1
1641	<b>1,4776</b>	0,08641	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7-2
1642	<b>1,5706</b>	0,35397	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7-3
1643	<b>1,5333</b>	0,07997	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7-4
1644	<b>1,5783</b>	0,08418	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S7-5
1645	<b>1,6857</b>	0,41581	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8
1646	<b>1,9099</b>	0,29743	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8-1
1647	<b>1,9384</b>	0,30433	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8-2
1648	<b>1,9531</b>	0,31616	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8-3
1649	<b>1,912</b>	0,27946	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8-4
1650	<b>1,9256</b>	0,091	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S8-5
1651	<b>1,815</b>	0,06744	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8
1652	<b>1,7577</b>	0,05338	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8-1
1653	<b>1,775</b>	0,07792	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8-2
1654	<b>1,7313</b>	0,04937	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8-3
1655	<b>1,7341</b>	0,06945	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8-4
1656	<b>1,718</b>	0,07714	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:43	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S8-5
1657	<b>1,8162</b>	0,45047	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9
1658	<b>1,7525</b>	0,22112	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9-1
1659	<b>1,6061</b>	0,39925	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9-2
1660	<b>1,592</b>	0,38526	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9-3
1661	<b>1,7405</b>	0,38832	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9-4
1662	<b>1,7476</b>	0,43998	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S9-5
1663	<b>1,4383</b>	0,06292	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9
1664	<b>1,4401</b>	0,09222	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9-1
1665	<b>1,2764</b>	0,02467	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9-2
1666	<b>1,4335</b>	0,14683	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9-3
1667	<b>1,4342</b>	0,13922	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9-4
1668	<b>1,4239</b>	0,12145	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S9-5
1669	<b>1,7982</b>	0,472	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10
1670	<b>1,8286</b>	0,42385	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10-1
1671	<b>1,8301</b>	0,05111	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10-2
1672	<b>1,7548</b>	0,40275	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10-3
1673	<b>1,7683</b>	0,39669	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10-4
1674	<b>1,7327</b>	0,36948	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm oT S10-5
1675	<b>1,5574</b>	0,09972	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10
1676	<b>1,5757</b>	0,18417	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10-1

1677	1,548	0,03316	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10-2
1678	1,5576	0,03981	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10-3
1679	1,3319	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10-4
1680	1,6163	0,07473	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:44	Matenaers	V-275/05_NT 2 µm iT S10-5
1681	2,6122	0,27379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1
1682	2,6411	0,32312	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1-1
1683	2,4347	0,3263	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1-2
1684	2,2927	0,23997	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1-3
1685	2,5109	0,21521	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1-4
1686	2,6183	0,39864	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S1-5
1687	2,3852	0,05288	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1
1688	2,3245	0,04742	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1-1
1689	2,4052	0,01673	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1-2
1690	2,3648	0,0871	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1-3
1691	2,4254	0,01475	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1-4
1692	2,5419	0,0016	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S1-5
1693	3,016	0,35993	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2
1694	3,0001	0,3688	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2-1
1695	2,9884	0,40962	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2-2
1696	2,4344	0,29284	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2-3
1697	2,4703	0,22751	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2-4
1698	2,4859	0,10645	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S2-5
1699	1,8923	0,0103	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2
1700	2,2687	0,01421	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:45	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2-1
1701	2,2284	0,03501	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:46	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2-2
1702	2,3509	0,06695	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:46	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2-3
1703	2,3981	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:46	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2-4
1704	2,6953	0,00418	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:46	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S2-5
1705	2,8663	0,35458	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3
1706	2,8763	0,35484	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3-1
1707	2,954	0,33486	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3-2
1708	2,5435	0,35636	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3-3
1709	2,4423	0,25544	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3-4
1710	2,7169	0,24462	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S3-5
1711	2,7659	0,08078	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3
1712	2,8248	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3-1
1713	2,5924	0,14069	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3-2
1714	0,5	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3-3
1715	0,7635	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3-4
1716	2,7632	0,00255	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:48	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S3-5
1717	2,6467	0,34716	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4
1718	2,6493	0,36866	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4-1
1719	2,5977	0,15799	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4-2
1720	2,4512	0,34757	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4-3
1721	2,2892	0,3321	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4-4
1722	2,4142	0,34739	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S4-5
1723	3,0985	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4
1724	2,4314	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4-1
1725	2,4095	0,0197	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4-2
1726	2,2379	0,0052	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4-3
1727	2,0169	0,0036	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4-4
1728	2,5219	0,02075	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S4-5
1729	2,4551	0,35212	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5
1730	2,4855	0,20387	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5-1
1731	2,5554	0,19125	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5-2
1732	2,5273	0,29634	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5-3
1733	2,5108	0,32769	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5-4
1734	2,5149	0,35389	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S5-5
1735	2,3549	0,02999	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5
1736	2,3819	0,01104	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:49	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5-1
1737	2,2506	0,08225	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5-2
1738	2,3111	0,05566	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5-3
1739	2,5517	0,07542	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5-4
1740	2,5588	0,06574	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S5-5
1741	2,4573	0,34695	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6
1742	2,4607	0,31994	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6-1
1743	2,5013	0,31916	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6-2
1744	2,5312	0,29889	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6-3
1745	2,4836	0,28372	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6-4
1746	2,4666	0,21749	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT S6-5
1747	2,3988	0,06762	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S6
1748	2,2324	0,06056	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S6-1
1749	2,2077	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT S6-2

1750	0,76078	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S6-3
1751	2,4109	0,00411	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S6-4
1752	2,4656	0,01826	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:50	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S6-5
1753	2,8914	0,30599	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7
1754	2,8268	0,25159	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7-1
1755	2,6277	0,14371	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7-2
1756	2,8089	0,32517	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7-3
1757	2,7759	0,387	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7-4
1758	2,7772	0,39694	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S7-5
1759	2,7324	0,04098	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7
1760	2,6948	0,05036	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7-1
1761	2,5533	0,02103	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7-2
1762	2,6598	0,00379	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7-3
1763	2,7804	0,00816	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7-4
1764	2,5597	0,03802	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S7-5
1765	2,1811	0,40066	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8
1766	2,4553	0,23996	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8-1
1767	2,6892	0,30166	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8-2
1768	2,7132	0,14861	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8-3
1769	2,7207	0,11368	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8-4
1770	2,6728	0,31501	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S8-5
1771	2,4813	0,04722	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8
1772	2,5412	0,12135	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8-1
1773	2,3716	0,14912	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8-2
1774	2,4187	0,29749	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8-3
1775	2,181	0,03604	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8-4
1776	0,75077	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S8-5
1777	2,7742	0,33311	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9
1778	2,7254	0,38311	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9-1
1779	2,7158	0,32387	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9-2
1780	2,5897	0,1133	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:51	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9-3
1781	2,7511	0,30653	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9-4
1782	2,742	0,32099	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S9-5
1783	2,4168	0,00845	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9
1784	2,4325	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9-1
1785	2,7082	0,00629	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9-2
1786	0,76849	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9-3
1787	2,5778	0,00697	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9-4
1788	2,7392	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S9-5
1789	2,5874	0,25024	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10
1790	2,7164	0,24823	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10-1
1791	2,6224	0,21023	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10-2
1792	2,7161	0,43936	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10-3
1793	2,695	0,0349	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10-4
1794	2,4428	0,08443	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm oT_S10-5
1795	2,2436	0	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10
1796	2,3262	0,02915	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10-1
1797	2,2643	0,012	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10-2
1798	2,3223	0,00702	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10-3
1799	2,6759	0,10339	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10-4
1800	2,6327	0,04267	GMA/MMA on BSG	17.06.2017 15:52	Matenaers	V-275/05_NT 3 µm iT_S10-5

**SR- measurements in Epon-sections (unstained)**

Meas #	L1 d (µm)	GOF	Recipe	Date/Time	User ID	Sample ID
1	0,49941	0,24026	Epon on BSG	17.06.2017 16:57	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S1
2	0,49813	0,22134	Epon on BSG	17.06.2017 16:57	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S1-1
3	0,49737	0,21794	Epon on BSG	17.06.2017 16:57	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S1-2
4	0,49796	0,22989	Epon on BSG	17.06.2017 16:58	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S1-3
5	0,4437	0,31548	Epon on BSG	17.06.2017 16:58	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S3
6	0,39976	0,29516	Epon on BSG	17.06.2017 16:58	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S3-1
7	0,44553	0,29941	Epon on BSG	17.06.2017 16:58	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S3-2
8	0,45081	0,29594	Epon on BSG	17.06.2017 16:58	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S3-3
9	0,44204	0,30346	Epon on BSG	17.06.2017 16:59	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S4
10	0,44225	0,32716	Epon on BSG	17.06.2017 16:59	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S4-1
11	0,44116	0,3091	Epon on BSG	17.06.2017 16:59	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S4-2
12	0,4437	0,32292	Epon on BSG	17.06.2017 16:59	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S4-3
13	0,45498	0,27447	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S6
14	0,45439	0,35879	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S6-1
15	0,4534	0,30368	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S6-2
16	0,45492	0,29175	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S6-3
17	0,45632	0,25923	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S7
18	0,45897	0,20408	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT 0,5 µm_S7-1

19	<b>0,45613</b>	0,24421	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S7-2
20	<b>0,45747</b>	0,23532	Epon on BSG	17.06.2017 17:00	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S7-3
21	<b>0,49496</b>	0,28734	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S9
22	<b>0,46628</b>	0,32737	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S9-1
23	<b>0,46857</b>	0,27005	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S9-2
24	<b>0,47178</b>	0,33008	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S9-3
25	<b>0,45435</b>	0,27016	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S10
26	<b>0,45277</b>	0,28305	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S10-1
27	<b>0,45022</b>	0,30166	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S10-2
28	<b>0,45043</b>	0,27406	Epon on BSG	17.06.2017 17:01	Matenaers	EL-5917_d2_NT_0,5 µm_S10-3
29	<b>0,45261</b>	0,10419	Epon on BSG	17.06.2017 17:02	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S1
30	<b>0,45222</b>	0,15989	Epon on BSG	17.06.2017 17:02	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S1-1
31	<b>0,45673</b>	0,13231	Epon on BSG	17.06.2017 17:02	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S1-2
32	<b>0,44798</b>	0,14833	Epon on BSG	17.06.2017 17:02	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S1-3
33	<b>0,4576</b>	0,13059	Epon on BSG	17.06.2017 17:02	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S2
34	<b>0,4558</b>	0,16116	Epon on BSG	17.06.2017 17:03	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S2-1
35	<b>0,45519</b>	0,16542	Epon on BSG	17.06.2017 17:03	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S2-2
36	<b>0,45358</b>	0,18876	Epon on BSG	17.06.2017 17:03	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S2-3
37	<b>0,45501</b>	0,17287	Epon on BSG	17.06.2017 17:04	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S4
38	<b>0,45625</b>	0,18385	Epon on BSG	17.06.2017 17:04	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S4-1
39	<b>0,45451</b>	0,19631	Epon on BSG	17.06.2017 17:04	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S4-2
40	<b>0,44655</b>	0,19648	Epon on BSG	17.06.2017 17:04	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S4-3
41	<b>0,45791</b>	0,12147	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S5
42	<b>0,45193</b>	0,13517	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S5-1
43	<b>0,44841</b>	0,15026	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S5-2
44	<b>0,50372</b>	0,07124	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S5-3
45	<b>0,50425</b>	0,03046	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S7
46	<b>0,45742</b>	0,15763	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S7-1
47	<b>0,46039</b>	0,0686	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S7-2
48	<b>0,46062</b>	0,10968	Epon on BSG	17.06.2017 17:05	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S7-3
49	<b>0,46124</b>	0,12235	Epon on BSG	17.06.2017 17:06	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S8
50	<b>0,45586</b>	0,16134	Epon on BSG	17.06.2017 17:06	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S8-1
51	<b>0,45555</b>	0,15375	Epon on BSG	17.06.2017 17:06	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S8-2
52	<b>0,45472</b>	0,14104	Epon on BSG	17.06.2017 17:06	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S8-3
53	<b>0,49853</b>	0,20237	Epon on BSG	17.06.2017 17:07	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S10
54	<b>0,4679</b>	0,19086	Epon on BSG	17.06.2017 17:07	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S10-1
55	<b>0,50937</b>	0,22821	Epon on BSG	17.06.2017 17:07	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S10-2
56	<b>0,50426</b>	0,12368	Epon on BSG	17.06.2017 17:07	Matenaers	EL-5544_c1_NT_0,5 µm_S10-3
57	<b>0,45122</b>	0,14245	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S2
58	<b>0,44598</b>	0,16449	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S2-1
59	<b>0,45235</b>	0,13444	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S2-2
60	<b>0,44207</b>	0,2109	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S2-3
61	<b>0,45376</b>	0,14135	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S3
62	<b>0,45118</b>	0,16543	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S3-1
63	<b>0,4419</b>	0,20402	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S3-2
64	<b>0,44266</b>	0,18889	Epon on BSG	17.06.2017 17:08	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S3-3
65	<b>0,44964</b>	0,2195	Epon on BSG	17.06.2017 17:09	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S5
66	<b>0,44794</b>	0,196	Epon on BSG	17.06.2017 17:09	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S5-1
67	<b>0,4482</b>	0,20401	Epon on BSG	17.06.2017 17:09	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S5-2
68	<b>0,44444</b>	0,17837	Epon on BSG	17.06.2017 17:09	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S5-3
69	<b>0,44583</b>	0,21552	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S6
70	<b>0,44577</b>	0,20974	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S6-1
71	<b>0,44657</b>	0,21245	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S6-2
72	<b>0,44533</b>	0,19892	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S6-3
73	<b>0,45651</b>	0,14898	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S8
74	<b>0,44812</b>	0,19557	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S8-1
75	<b>0,44996</b>	0,16842	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S8-2
76	<b>0,44878</b>	0,17304	Epon on BSG	17.06.2017 17:10	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S8-3
77	<b>0,52109</b>	0,17667	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S9
78	<b>0,51164</b>	0,18612	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S9-1
79	<b>0,51376</b>	0,1783	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S9-2
80	<b>0,50488</b>	0,18432	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S9-3
81	<b>0,37718</b>	0,18774	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S10
82	<b>0,36956</b>	0,18702	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S10-1
83	<b>0,43413</b>	0	Epon on BSG	17.06.2017 17:11	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S10-2
84	<b>0,36699</b>	0,21966	Epon on BSG	17.06.2017 17:12	Matenaers	EL-5857_a1_NT_0,5 µm_S10-3
85	<b>0,44495</b>	0,31322	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S1
86	<b>0,44091</b>	0,31979	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S1-1
87	<b>0,44018</b>	0,31464	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S1-2
88	<b>0,44195</b>	0,33451	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S1-3
89	<b>0,45876</b>	0,26268	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S2
90	<b>0,51467</b>	0,0935	Epon on BSG	17.06.2017 17:20	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S2-1
91	<b>0,46141</b>	0,2486	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT_0,5 µm_S2-3



92	<b>0,46262</b>	0,21637	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S2-4
93	<b>0,44457</b>	0,24457	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5
94	<b>0,40045</b>	0,22739	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5-1
95	<b>0,44619</b>	0,24614	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5-2
96	<b>0,39966</b>	0,2373	Epon on BSG	17.06.2017 17:21	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5-3
97	<b>0,3974</b>	0,2783	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5-4
98	<b>0,44596</b>	0,26212	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5-5
99	<b>0,40089</b>	0,2289	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S5
100	<b>0,39991</b>	0,29361	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S6
101	<b>0,39873</b>	0,27566	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S6-2
102	<b>0,40003</b>	0,25025	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S6-3
103	<b>0,40142</b>	0,20875	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S6-4
104	<b>0,40106</b>	0,27969	Epon on BSG	17.06.2017 17:22	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S6-5
105	<b>0,44519</b>	0,40648	Epon on BSG	17.06.2017 17:23	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S7
106	<b>0,44436</b>	0,40352	Epon on BSG	17.06.2017 17:23	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S7-1
107	<b>0,44572</b>	0,413	Epon on BSG	17.06.2017 17:23	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S7-2
108	<b>0,44604</b>	0,42412	Epon on BSG	17.06.2017 17:23	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S7-3
109	<b>0,40112</b>	0,32527	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S8
110	<b>0,40046</b>	0,31593	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S8-1
111	<b>0,40143</b>	0,3133	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S8-2
112	<b>0,3987</b>	0,33078	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S8-3
113	<b>0,39692</b>	0,24693	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S10
114	<b>0,40189</b>	0,23091	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S10-1
115	<b>0,44444</b>	0,21439	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S10-2
116	<b>0,40316</b>	0,21038	Epon on BSG	17.06.2017 17:24	Matenaers	EL-5650_a1_NT 0,5 µm_S10-3
117	<b>0,43503</b>	0,24462	Epon on BSG	17.06.2017 17:28	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S1-2
118	<b>0,43908</b>	0,24816	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S1-3
119	<b>0,39934</b>	0,24685	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S1-4
120	<b>0,398</b>	0,25106	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S1-5
121	<b>0,45239</b>	0,22522	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S2
122	<b>0,45141</b>	0,23952	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S2-1
123	<b>0,45104</b>	0,24655	Epon on BSG	17.06.2017 17:29	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S2-2
124	<b>0,44763</b>	0,26285	Epon on BSG	17.06.2017 17:30	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S2-3
125	<b>0,4728</b>	0,23373	Epon on BSG	17.06.2017 17:30	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S3
126	<b>0,46736</b>	0,24628	Epon on BSG	17.06.2017 17:30	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S3-1
127	<b>0,46324</b>	0,24869	Epon on BSG	17.06.2017 17:30	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S3-2
128	<b>0,49369</b>	0,20282	Epon on BSG	17.06.2017 17:30	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S3-3
129	<b>0,44636</b>	0,22162	Epon on BSG	17.06.2017 17:31	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S4
130	<b>0,44767</b>	0,20888	Epon on BSG	17.06.2017 17:31	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S4-1
131	<b>0,44865</b>	0,23516	Epon on BSG	17.06.2017 17:31	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S4-2
132	<b>0,44433</b>	0,21326	Epon on BSG	17.06.2017 17:31	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S4-3
133	<b>0,46302</b>	0,21285	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S6
134	<b>0,46248</b>	0,25723	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S6-1
135	<b>0,49187</b>	0,18208	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S6-2
136	<b>0,46528</b>	0,18675	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S6-3
137	<b>0,43538</b>	0,2394	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S8
138	<b>0,43733</b>	0,23103	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S8-1
139	<b>0,44117</b>	0,23188	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S8-2
140	<b>0,43792</b>	0,24307	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S8-3
141	<b>0,44108</b>	0,26078	Epon on BSG	17.06.2017 17:32	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S9
142	<b>0,44008</b>	0,25905	Epon on BSG	17.06.2017 17:33	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S9-1
143	<b>0,44386</b>	0,24783	Epon on BSG	17.06.2017 17:33	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S9-2
144	<b>0,43777</b>	0,24003	Epon on BSG	17.06.2017 17:33	Matenaers	EL-5401_4_NT 0,5 µm_S9-3



## **X. Eigene Publikationen und wissenschaftliche Beiträge**

### **Publikationen in Zeitschriften mit *peer-review* Gutachtersystem (2)**

- **Cyrrill Matenaers**, Bastian Popper, Alexandra Rieger, Rüdiger Wanke, Andreas Blutke (2018). Practicable methods for histological section thickness measurement in quantitative stereological analyses. PLoS One.; 13(2):e0192879. doi: 10.1371/journal.pone.0192879.
- Andreas Blutke, Kristian März, **Cyrrill Matenaers**, Karl Oswald, Walter Hermanns, Rüdiger Wanke (2013). Polycystic kidney disease in a European roe deer (*Capreolus capreolus*). J Zoo Wildl Med.;44(2):487-490.

### **Publikationen in anderen Zeitschriften (1)**

- Christiane Siegling-Vlitakis, Stephan Birk, Anita Kröger, **Cyrrill Matenaers**, Christina BeitzRadzio, Carsten Staszyk, Stefan Arnhold, Birte Pfeiffer-Morhenn, Thomas Vahlenkamp, Christoph Mülling, Evelyn Bergsmann, Christian Gruber, Peter Stucki, Marietta Schönmann, Zineb Nouns, Stefan Schaubert, Sebastian Schubert, Jan P. Ehlers (2014). PTT: Progress Test Tiermedizin. Ein individuelles Feedback-Werkzeug für Studierende. Deutsches Tierärzteblatt 8/2014: 1076-1082.

### **Zitierfähige Abstracts wissenschaftlicher Vorträge und Posterpräsentationen \* (5)**

- Heinrich Flaswinkel, **Cyrrill Matenaers**, Chris van der Meijden, Sven Reese (2012). Elektronisches Prüfen mit open source. [Vortrag]. Jahrestagung der Gesellschaft für Medizinische Ausbildung (GMA). Aachen, 27.-29.09.2012. Doi: 10.3205/12gma237.
- Christian Gruber, **Cyrrill Matenaers**, Carsten Staszyk, Stephan Birk, Jan P. Ehlers (2014). SWOT analysis as a tool for curriculum evaluation. [Posterpräsentation]. Association for Medical Education in Europe (AMEE) 2014, Mailand, Italien, 30.08. - 03.09.2014 Doi: 10.13140/ RG.2.1.2146.6963.

- Peter Stucki, Stephan Birk, Jan P. Ehlers, **Cyrill Matenaers**, Christian Gruber, Christiane Siegling-Vlitakis (2014). Simultaneous progress testing in five German-speaking vet schools. [Vortrag]. Association for Medical Education in Europe (AMEE) 2014, Mailand, Italien, 02.09.2014. Abstract im Tagungsband: SESSION 8G, Seite 144 und unter: [https://www.researchgate.net/publication/265122443\\_Simultaneous\\_progress\\_testint\\_in\\_five\\_German-speaking\\_vet\\_schools](https://www.researchgate.net/publication/265122443_Simultaneous_progress_testint_in_five_German-speaking_vet_schools)
  
- Christiane Siegling-Vlitakis, Jan P. Ehlers, **Cyrill Matenaers**, Peter Stucki, Marietta Schönmann, Evelyn Steinberg Bergsmann, Christian Gruber, Zineb Miriam Nouns, Stefan K Schaubert, Sebastian Schubert, Stephan Birk (2014). Wissen versus Anwendung/Verständnis in der Tiermedizin. [Vortrag]. 3. KELDAT-Didaktik-Meeting, GMA-Tagung, Hamburg, 25.-27.09.2014. Abstract in: [https://www.researchgate.net/publication/265122384\\_Wissen\\_versus\\_Anwendung\\_Verstandnis\\_in\\_der\\_Tiermedizin](https://www.researchgate.net/publication/265122384_Wissen_versus_Anwendung_Verstandnis_in_der_Tiermedizin)
  
- **Cyrill Matenaers** (2019). Optimierung von Praxis-/Klinikabläufen durch passgenaue IT-Lösungen. [Vortrag]. BPT-Kongress, München, 17.-19.10.2019. Abstract in: <https://www.tieraerzteverband.de/fortbildung/kongress/2019/vortragzusammenfassungen.php>

*[\*in der Autorenliste ist der jeweils präsentierende Autor unterstrichen]*

## **XI. Danksagung**

Ich danke meinen Doktorvätern, Herrn Priv.-Doz. Dr. Andreas Parzefall, der meine Arbeit von Juni 2017 an bis Juli 2018 betreute und Herrn Prof. Dr. Rüdiger Wanke, der die weitere Betreuung meiner Arbeit nach dem Ausscheiden von Dr. Parzefall aus der LMU übernahm, für die Überlassung des Dissertationsthemas, das mir entgegengebrachte Vertrauen und die Unterstützung bei der Anfertigung der Publikation und der vorliegenden Arbeit. Auch möchte ich mich herzlich bei Lisa Pichl, Heike Sperling, Heidrun Schöl, Claudia Mair und Marjam O'Gorman, sowie allen übrigen Mitarbeitern des Institutes für Tierpathologie für die Hilfe bei der Erstellung der histologischen und elektronenmikroskopischen Präparate, die Unterstützung bei der Untersuchung der Präparate sowie für die Hilfe in organisatorischen Angelegenheiten bedanken.

Des Weiteren danke ich meinen ehemaligen Kollegen in der Rechnerbetriebsgruppe der Tierärztlichen Fakultät für die jahrelange gute Zusammenarbeit, insbesondere Herrn Chris van der Meijden für seine fachliche Ausbildung und die hervorragende Vorbereitung und Begleitung in der Gründung der eigenen Firma.

Ich danke weiterhin meinen ehemaligen Kollegen des KELDAT Teams für die gute Zusammenarbeit in diesem spannenden Projekt, sowie allen Kollegen aus der tierärztlichen Fakultät mit denen ich in dieser Zeit zusammenarbeiten durfte.

Mein besonderer Dank gilt Dr. Julius Klever, Kim Reising, Nadine Singer, Dirk Schröber, Jan Sachse, Lisa Staudacher, Dr. Sebastian Ehn, Franziska Skorski, Hendrik Bibrach, Konstantin Rastegaev und Michael Cieslik für die tägliche tolle Zusammenarbeit und den großen Beitrag am Erfolg der Klever & Matenaers GbR.

Ich danke Michael Dinnendahl, Uwe Heiß, Dr. Susanne Wisniewski, Dr. Johannes von Magnis, Dr. Bernd Renard, Wilma Katzschnier, Roland von Kölichen und Fanwick vom Hirschthürl für die vielen Gespräche und die freundschaftliche Begleitung auf dem Weg zu dieser Dissertation.

Meiner Familie danke ich für meine Wurzeln, meine Erziehung und den Glauben an mich, die Unterstützung auf meinen Wegen und den anhaltenden Zusammenhalt.

Zu guter Letzt danke ich meiner geliebten Frau Alice für die Beratung, Geduld und das Verständnis bei der vorliegenden Arbeit. Die Belastung neben Hausbau, Familiengründung und wachsender Firma war enorm. Danke für Deine Unterstützung, ich liebe Dich!